

SIEMENS SCHUCKERTWERKE
AKTIVSCHAFT
MONTAGE-ABTEILUNG

Die Elektrotechnik auf der Deutschen Industrie-Messe Hannover 1961

Auf der vom 30. April bis 9. Mai 1961 stattgefundenen Industrie-Messe hatte sich sowohl die Anzahl der ausländischen als auch der deutschen Aussteller erhöht; ferner ist die Ausstellungsfläche erheblich vergrößert worden. Die Gesamtzahl aller Firmen hatte von 4773 im vorigen Jahr auf 5120 in diesem Jahr zugenommen. Die Anzahl der ausländischen Aussteller ist auf 1015 gestiegen, die aus 25 verschiedenen Ländern, zum Teil aus Übersee, kamen, Frank-

tumsrate lag mit 19 % weit über dem Durchschnittswert von 10,5 %. Die Elektroindustrie steht, gemessen an der Zahl der Beschäftigten, hinter dem Maschinenbau an zweiter Stelle und umsatzmäßig hinter dem Maschinenbau und der chemischen Industrie an dritter Stelle. Die Umsätze einschließlich des Saarlandes und Westberlins stiegen im Jahre 1960 um 16 % auf rd. 20 160 Mio. DM. Die Ausfuhr erhöhte sich um 9,7 % und erreichte 4243 Mio. DM, während sich die Einfuhr um 38 % vergrößerte und 940 Mio. DM überschritt.

Im Jahresdurchschnitt 1960 waren in der Elektroindustrie etwa 815 000 Personen beschäftigt. Ende 1960 war die Zahl auf 850 000 gestiegen.

Bei den Elektrowärme- und Haushaltsgeräten hält der Bedarf weiterhin an. Obwohl die Löhne in der Produktion und im Handel gestiegen waren, konnte durch wirksame Rationalisierungsmaßnahmen der größte Teil der erhöhten Unkosten abgefangen werden, so daß nur geringe Preissteigerungen stattfanden. Auf diesem Gebiet hatten 140 Firmen, davon 14 aus dem Ausland, auf 10 000 m² Fläche ihre Erzeugnisse ausgestellt.

Die Jahresproduktion von Schwachstromtechnischen Bauelementen ist stetig gestiegen und hatte 1960 einen Umsatz von 649 Mio. DM erzielt. Infolge von Rationalisierungsmaßnahmen stieg der Wert der Jahresproduktion je Beschäftigter von 14 100 DM im Jahre 1958 auf rd. 16 000 DM im Jahre 1960. Man schätzt, daß von der gesamten Produktion etwa 25 % ins Ausland gehen.



Bild 1. Bundeswirtschaftsminister Prof. Dr. Ehrhardt bei seiner Eröffnungsansprache.

reich stand mit 260 Firmen wieder an erster Stelle. Bemerkenswert war die Zunahme der Aussteller aus den USA, die von 90 auf 127 angestiegen war. Somit rückte die USA vom fünften Platz im Jahre 1959 auf den zweiten in diesem Jahr. Österreich war mit 124, Großbritannien mit 107, die Schweiz mit 96 und die Niederlande mit 65 Firmen vertreten.

Die Ausstellungsfläche wurde um die neugebauten Hallen 16 A, B und C mit je 10 000 m² auf 312 000 m² überdachte Fläche und um 45 000 m² Freigelände auf 207 000 m² vergrößert, so daß die Gesamtausstellungsfläche 519 000 m² erreicht.

Unter den Ausstellern stand die Elektrotechnik mit 1242 Firmen nach dem Maschinenbau an zweiter Stelle. Während die Gesamtzahl dieser Aussteller gegenüber dem Vorjahr um 1,2 % abnahm, hatte die Zahl der ausländischen Firmen auf 215 in diesem Jahr zugenommen.

Um eine Übersicht über die Beteiligung der Aussteller an den einzelnen elektrotechnischen Gruppen zu haben, seien einige Zahlen genannt. An der Spitze stand die Gruppe Leuchten und Lampenschirme mit insgesamt 152 Ausstellern, davon acht aus dem Ausland, gefolgt von der Gruppe Elektrowärme- und Haushaltsgeräte mit 146 Firmen, von denen 15 aus dem Ausland kamen. Die Gruppe Schaltgeräte und Schaltanlagen war mit 145 Ausstellern vertreten, davon stammten 44 aus dem Ausland. An vierter Stelle lag die Gruppe Elektrische Meßtechnik mit 84 deutschen und 47 ausländischen Firmen, dann folgten der Elektromaschinenbau mit 74 deutschen und 23 ausländischen und die Gruppe der Schwachstromtechnischen Bauelemente mit 69 deutschen und 26 ausländischen Ausstellern.

Der Wirtschaftsaufschwung im Jahre 1960 hatte sich auch auf dem Gebiet der Elektrotechnik ausgewirkt. Die Wachs-

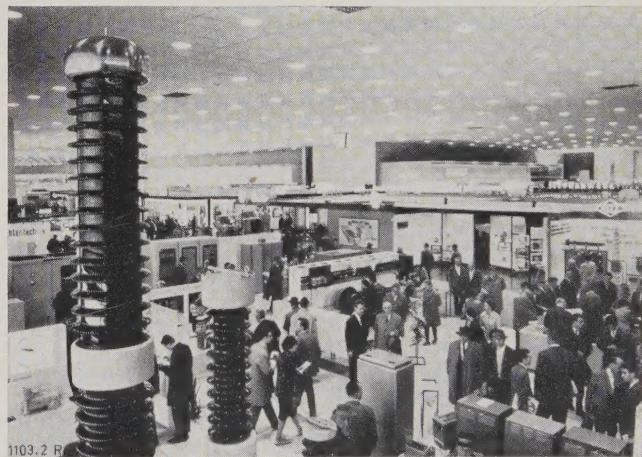


Bild 2. Teilansicht von Halle 13.

Die Firmen der Gruppe Rundfunk- und Fernsehempfängergeräte stellten im Jahre 1960 Geräte im Werte von 2110 Mio. DM her, davon entfielen 770 Mio. DM auf Rundfunkgeräte und 1340 Mio. DM auf Fernsehgeräte. Der Wert des Exportes nahm von 492 Mio. DM im Vorjahr auf 612 Mio. DM in diesem Jahre zu. Von den exportierten Geräten blieben 50 % in Europa, 26 % gingen nach den Vereinigten Staaten und 15 % nach Asien.

Von dem umfangreichen Programm aller Elektrofirmen kann bei den von Fachleuten verfaßten Berichten nur auf Neu- und Weiterentwicklungen eingegangen werden. Als Ergänzung dieses Berichtes sei auf die Messevorschau in ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 8 und 9, S. 185–257, hingewiesen.

Elektrische Maschinen und Antriebe

Von Rudolf Depser, Nürnberg, und Gerhart Kessler, Erlangen*)

DK 621.313 : 061.4(43-2.27) "1961"

Elektrische Maschinen

Elektrische Maschinen gehören wohl zu denjenigen Erzeugnissen der Elektroindustrie, welche die längste Entwicklungszeit hinter sich haben. Trotzdem ist es keineswegs so, daß auf diesem Gebiet ein Stillstand eingetreten ist. Man erkennt immer wieder, daß von den meisten Firmen ständig an ihren Fabrikaten zähe Kleinarbeit geleistet wird. Bestehende Typenreihen wurden nach oben oder unten erweitert, bewährte Konstruktionen verbessert und verbilligt oder den Forderungen der Regel- und Steuertechnik angepaßt.

Der Deutsche Normmotor war schon im vorigen Jahr bei fast allen Firmen zu sehen oder in den Prospekten enthalten. Diesmal war es interessant, wie sich der Gedanke der Normung, der bisher nur auf Drehstrom-Asynchronmotoren mit Käfigläufer in Schutzart P33 angewendet wurde, auf andere Maschinenarten ausgewirkt hat, obwohl noch keine entsprechenden Normblätter vorhanden sind. So waren auf einigen Ständen Asynchronmotoren mit Käfigläufer in Schutzart P22 mit Anbaumaßen wie beim Deutschen Normmotor zu sehen. Manche Firmen hatten auch Motoren mit Schleifringläufer in Schutzart P33

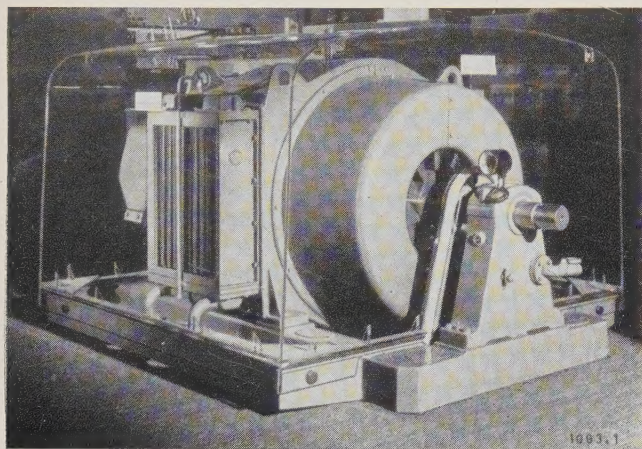


Bild 1. Geschlossener Drehstrommotor mit seitlich angebaute Rückkühlern, Haube abgenommen.

ausgestellt, deren Anbaumaße mehr oder weniger vollständig DIN 42673 entsprechen. Dabei war zu erkennen, wie schwierig es ist, eine technisch einwandfreie und gut aussehende Anordnung der vier Bauteile Blechpaket im Gehäuse, Wellenende, Schleifringe und Lüfter zu finden, gleichzeitig möglichst alle Anbaumaße einzuhalten und außerdem das gleiche Gehäuse wie beim Käfigläufer zu verwenden. Die Franz Wölfer GmbH, Osnabrück, zeigte sogar einen Drehstrom-Kollektormotor, dessen Anbaumaße den IEC-Empfehlungen entsprechen.

Elektrische Maschinen wurden anfangs viele Jahre lang nur gänzlich ungeschützt gebaut (P00). Später wurde der Wunsch nach höherer Schutzart immer dringender. Das führte dazu, daß heute P33 die vorherrschende Schutzart ist. Bei großen Maschinen reicht die Oberfläche zur Abführung der Verluste nicht mehr aus. Man führt daher die Kühlluft in einem geschlossenen Kreis erst durch die Maschine und dann durch einen wassergekühlten Rückkühler. Man pflegte diese Rückkühler im Keller unter dem Fundament der Maschine aufzustellen. Heute geht die Tendenz dahin, kostspielige und Raum beanspruchende bauliche Maßnahmen zu vermeiden. Der Rückkühler wird mit der Maschine zu einer Einheit zusammengebaut. Beispielsweise hat

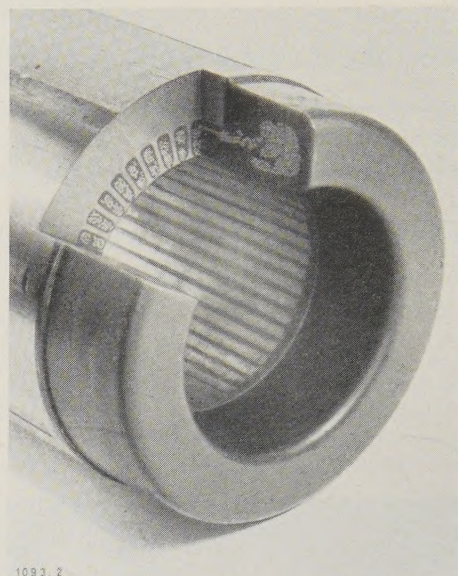


Bild 2. Ständerblechpaket eines Drehstrommotors mit in Gießharz eingebetteter Wicklung.

die Siemens-Schuckertwerke AG (SSW), Erlangen, eine solche Reihe geschlossener Drehstrommotoren mit seitlich angebaute Kühler entwickelt, die mit Leistungen bis zu 3800 kW ausgeführt werden (Bild 1). Brown, Boveri & Cie AG (BBC), Mannheim, zeigte einen nach ähnlichen Grundsätzen gebauten Gleichstrommotor für 750 kW. Hier ist noch besonders dafür gesorgt, daß der Bürstenstaub aus dem Hauptluftkreis ferngehalten wird. Der Kommutatorraum wird getrennt belüftet.

Die chemische Industrie hat in den letzten Jahren die Entwicklung von Kunststoffen mit isolierenden Eigenschaften stark vorangetrieben. Sie werden in Elektromaschinenbau in steigendem Maße zur Herstellung von Isolierteilen und zum Vergießen von Wicklungen verwendet. Die Loher & Söhne GmbH, Ruhstorf/Rott., hatte auf ihrem Stand ein Ständerblechpaket ausgestellt, dessen Wicklung völlig mit Gießharz umgossen ist (Bild 2). Ein Schnitt zeigt, wie gut eine solche Vergußmasse in die Wickelköpfe und auch in die Nuten eindringt.

Elektromotoren mit an- oder eingebauter Bremse sind seit langem bekannt. Sie dienen beispielsweise bei Hebezeugen zum Festhalten der Last oder bei Werkzeugmaschinen zum schnellen Stillsetzen des Antriebes. Seit sich die Automatisierung auf vielen Gebieten der Technik eingeführt hat, wird den Bremsmotoren eine viel schwierigere Auf-

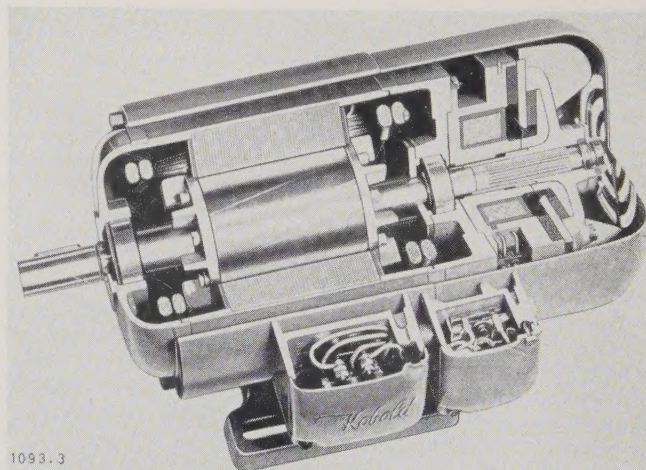


Bild 3. Bremsmotor für hohe Schalthäufigkeit.

*) Reg.-Baumeister Dipl.-Ing. R. Depser (Bearbeiter des Abschnitts Elektrische Maschinen) und Dr.-Ing. G. Kessler (Bearbeiter des Abschnitts Elektrische Antriebe) sind Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke AG.

gabe, gestellt. Sie müssen das von ihnen angetriebene Maschinenteil nicht nur abbremsen, sondern auch mit hoher Genauigkeit an einer bestimmten Stelle zum Stillstand bringen („Positionierung“), der Nachlauf muß also möglichst gering und immer gleich groß sein. Die Georgii-Kobold GmbH, Leinfelden bei Stuttgart, zeigte Bremsmotoren, die diese Bedingungen auch bei großer Schalthäufigkeit erfüllen (Bild 3). Bei größeren Antriebsleistungen läßt sich das genaue Ansteuern eines bestimmten Haltepunktes besser dadurch erreichen, daß man neben dem Hauptmotor einen zweiten kleineren Motor anordnet, der über ein entsprechendes Getriebe der Arbeitsmaschine eine Schleichdrehzahl gibt, die im geeigneten Augenblick schnell gestoppt werden kann. Diesem Zweck dient beispielsweise der BBC-Feinstopmotor (Bild 4).

Auch auf dem Gebiet der Kleinstmotoren ist ein weiterer Auftrieb zu verzeichnen, der zum Teil auf die fortschreitende Automatisierung und die dadurch bedingte Steuer- und Regeltechnik zurückzuführen ist. Diese Motoren dienen

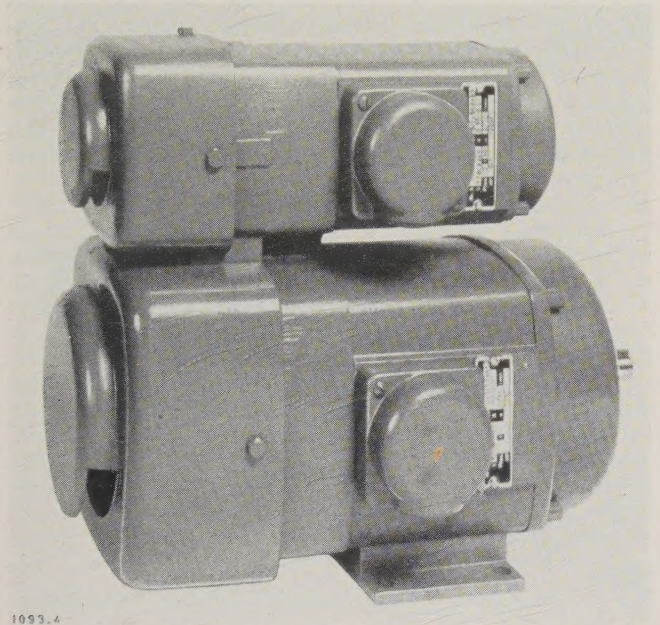


Bild 4. Feinstopmotor mit zwischengeschaltetem Stirnradgetriebe, Übersetzung 1 : 6.

in Ausführung als Synchronmotor mit Hystereseläufer vorzugsweise zum Antrieb von Uhren, Laufwerken und Tonbandgeräten, Plattenspielern, Tonfilmgeräten, in Ausführung als Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer zum Antrieb von Schaltern, Relais, Büromaschinen usw. Als Beispiel sei die neu entwickelte Reihe solcher Motoren der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), Berlin, erwähnt (Bild 5). Jeder Typ kann mit beiden Läuferarten ausgeführt werden.

Grundsätzlich kann man beim Asynchronmotor den Läufer auch außen und den Ständer innen anordnen. Eine interessante Anwendung dieses Prinzips war auf dem Stand der Ziehl-Abegg OHG, Künzelsau (Württ.), zu sehen. Hier dienen solche Motoren zum Antrieb von Lüftern, sowohl mit axialer als auch mit radialer Luftführung. Die Lüfter sind mit ihrer Nabe unmittelbar auf den Außenläufer aufgesetzt.

Getriebemotoren waren auch in diesem Jahr von vielen Firmen ausgestellt. Wie stark die Regel- und Steuertechnik die Gleichstrommaschine wieder nach vorne schiebt, ersieht man daraus, daß sie, mit Getriebe zusammengebaut, bei manchen Herstellern, wie z.B. bei der Glaser, von Praun GmbH, Osthofen (Rheinhausen), als Normalausführung erscheint.

Auch dem Schutz und der Erhaltung der Maschinen wird immer mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Man kann erkennen, daß auf dem Gebiet des Schutzes der Wicklungen gegen Überlastung, besonders durch Schaltbetrieb, heute noch alles im Fluß ist. Manche Einrichtungen dieser Art,

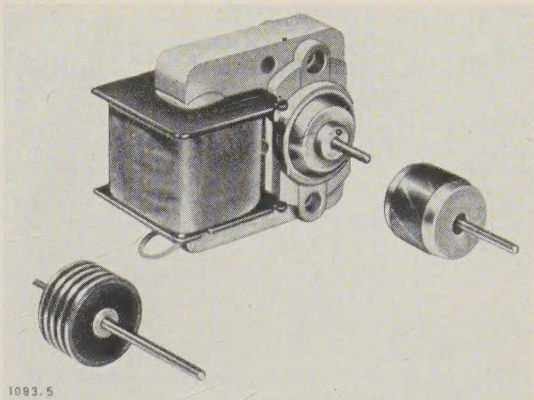


Bild 5. Kleinstmotor mit Synchron-Hystereseläufer und Asynchron-Käfigläufer.

die früher zu sehen waren, sind in den Hintergrund getreten, und manche Neuentwicklungen oder Verbesserungen sind erschienen. Eine endgültige Klärung steht noch aus. In Kraftwerken, Raffinerien usw. geht man immer mehr dazu über, die Motoren im Freien aufzustellen. Wenn auch die Isolation der Wickeldrähte heute so gut ist, daß sie bei Schutzart P 33 durch Witterungseinflüsse kaum gefährdet ist, so ordnet man doch vielfach Heizkörper im Inneren der Maschine an, die bei längerem Stillstand dafür sorgen, daß der Taupunkt nicht unterschritten wird und die Wicklungen keinen Schaden erleiden.

Der Elektromotor tritt in neuerer Zeit nicht nur als selbständige Einheit auf, man sieht ihn auch immer häufiger mit der Arbeitsmaschine eng zusammengebaut, wie bei Aggregaten für Kühlzwecke. Diese haben meist Motoren kleinerer Leistung. Ein Beispiel für den Zusammenbau eines großen Motors mit einer Pumpe zu einer sogenannten Tauchmotorpumpe zeigte die Firma Gebr. Ritz & Schweizer, Schwäbisch-Gmünd. Die Pumpe ist für 15 000 l/min und 245 m W. S. bemessen, der Motor für 1130 PS bei 1500 U/min und 3000 V ausgelegt.

Elektrische Antriebe

Im Zuge der allgemeinen Automatisierung der Fertigung tritt die digitale Technik in den Vordergrund. Die Vervollkommnung der Schaltungen und der Gerätetechnik erlaubt, industrielle Ausrüstungen zur Verfügung zu stellen, die trotz komplizierter Funktionen mit ausreichender Sicherheit auch in rauen Betrieben aufgestellt werden können. Ein besonderer Vorzug dieser Technik liegt darin, daß Programme und Sollwerte ziffernmäßig, d. h. auch über Lochkarten oder -streifen, eingegeben und reproduzierbar mit großer Genauigkeit über beliebige Zeiträume eingehalten werden können. Die Werte werden durch Folgen von Impulsen übertragen, die im allgemeinen wesentlich leichter

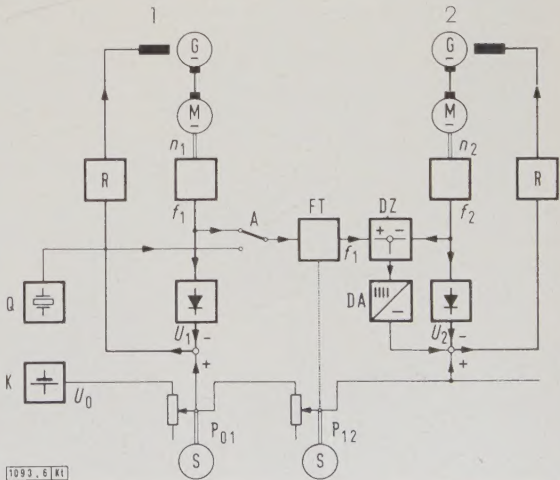


Bild 6. Digitale Regelung der Drehzahl und der Drehzahlrelation für Mehrmotorantriebe.

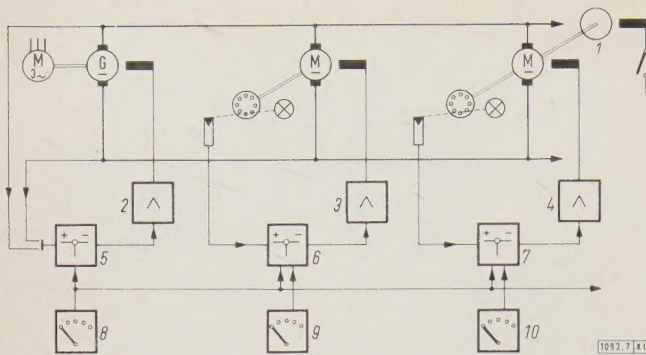


Bild 7. Digitale Drehzahlverhältnis- und Gleichlaufregelung.

- 1 Wirbelstrombremse
- 2 Stellverstärker, Generatorfeld
- 3 Stellverstärker, Motorfeld, Maschine 1
- 4 Stellverstärker, Motorfeld, Maschine 2
- 5 Ankerspannungsregler
- 6 digitaler Drehzahlregler, Maschine 1
- 7 digitaler Drehzahlregler, Maschine 2
- 8 Sollwert der Grunddrehzahl
- 9 Sollwert für Drehzahlverhältnis, Maschine 1
- 10 Sollwert für Drehzahlverhältnis, Maschine 2

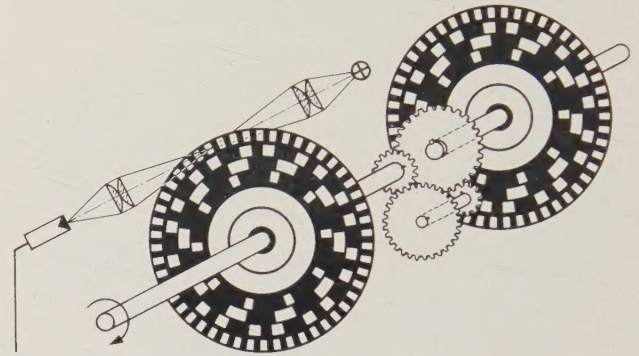
von Störungen freigehalten werden können als analoge Größen. Allerdings steigt in den meisten Fällen der Aufwand erheblich; deswegen werden diese Entwicklungen vorerst im wesentlichen von den großen Firmen durchgeführt.

Die Drehzahl eines Antriebes als Drehwinkel in der Zeiteinheit läßt sich durch Impulsgeber auf natürliche Weise in proportionale Frequenzen umwandeln. Eine Anordnung zur digitalen Regelung der absoluten Drehzahl oder der Relation zweier Drehzahlen zeigten die SSW (Bild 6). Da grundsätzlich mit digitalen Verfahren keine schnellere Dynamik im Regelkreis erreichbar ist als mit analogen, werden hier beide Verfahren in der Weise kombiniert, daß dem hochwertigen analogen Zweig die schnelle Ausregelung der Störungen überlassen wird und der digitale Zweig die Genauigkeit über lange Zeiten zu sichern hat, wozu ein Frequenzbereich von 10 kHz ausreicht.

Zwei Gleichstrommotoren werden in Leonardschaltung über analoge PID-Regler (Transistor-Transduktor) dadurch in ihrer Drehzahl geregelt, daß die Wechselspannungen der Tachogeneratoren nach Gleichrichtung mit Sollspannungen U_0 aus der konstanten Quelle K verglichen werden. Dabei gibt das Potentiometer P_{01} den Sollwert der

Drehzahl n_1 , das Potentiometer P_{12} den Sollwert der Relation der Drehzahlen n_1 und n_2 an. Zur digitalen Kontrolle werden die Tacho-Wechselspannungen benutzt. Die Soll-Frequenz f_1 des Antriebes 1 wird in einem einstellbaren Frequenzteiler FT auf die Frequenz f'_1 untersetzt und deren Impulse fortlaufend in einem Differenzzähler DZ mit den Impulsen der Ist-Frequenz f_2 verglichen. Abweichungen werden mit richtigem Vorzeichen herausgezählt und über einen Digital-Analog-Wandler DA dem analogen Regelkreis des Antriebes 2 zur Korrektur des Sollwertes zugeführt. Die Relation der Drehzahlen ist somit unabhängig von ihrer Größe durch das Verhältnis des Frequenzteilers gegeben. Der digitale Zweig verhält sich genau wie ein integrierender Regler. Durch Umlegen des Schalters A kann die Soll-Frequenz einem Quarzgenerator entnommen werden, so daß die absolute Drehzahl des Antriebes 2 geregelt wird.

Der digitale Sollwert kann am Teiler FT durch Knöpfe dekadisch eingestellt werden, wobei das analoge Sollwert-Potentiometer P_{12} automatisch nachläuft, wenn die Grenzen des Korrekturbereiches erreicht werden. Sollen die Antriebe schnell verstellt werden, wie dies z. B. bei Papiermaschinen notwendig ist, so kann die Anordnung getroffen werden, daß nur der Analogsteller P_{12} verdreht wird. Dabei wird der digitale Zweig abgeschaltet, sodann wird nach einer Pause die neue Drehzahl digital gemessen und als



1093.916

Bild 9. Lagemeßsystem mit photoelektrisch abgetasteten Codescheiben.

Sollwert in ein Gedächtnis übernommen, welches die richtige Frequenzteilung für die folgende Zeit vorgibt. Die Drehzahl bzw. Drehzahlrelation wird in Ziffern angezeigt. Die für Papiermaschinen eingesetzte digitale Regeleinrichtung arbeitet mit einer Langzeit-Unsicherheit von 10^{-4} und kann als Zusatzgerät nach Bedarf allen geeigneten analogen Reglern hinzugefügt werden.

Bei einer digitalen Drehzahlregeleinrichtung der AEG (Bild 7) wird die gesamte Regeldynamik digital kontrolliert. Die gezeigte Anordnung dient zur Aufrechterhaltung des Gleichlaufes zweier Motoren, die von einem gemeinsamen Leonardgenerator gespeist und im Feld geregelt werden. Ein digitaler Sollwertsteller für die „Grunddrehzahl“ gibt zunächst über einen Digital-Analog-Wandler den Sollwert für die analoge Regelung der Ankerspannung vor; er kann in Schritten von 1%o verstellt werden. An alle Drehzahlregler der Teilantriebe gibt er zugleich eine der Grunddrehzahl proportionale kodierte Teilerzahl z_G . Die Drehzahl der Teilmotoren wird durch Impulse von photoelektrischen Gebern (5000 Teile) als Ist-Frequenz f_1 abgebildet und dem Grundzähler des zugehörigen digitalen Drehzahlreglers zugeführt, in welchem mit der Teilerzahl z_G eine Zwischenfrequenz $f'_1 = f_1/z_G$ entsteht, die stets bei etwa 100 Hz liegt. Ihre Impulsabstände von rd. 10 ms sind ein Maß für die Ist-drehzahl und werden in einen weiteren Zähler mit einer Quarzfrequenz $f_0 = 1$ MHz, d. h. mit einer Genauigkeit von $1 \mu s$ ausgezählt und mit einem digitalen Sollwert verglichen, der das Verhältnis der Drehzahl zur „Grunddrehzahl“ angibt. Die digitalen Abweichungen vom Sollwert werden sowohl proportional als auch integrierend

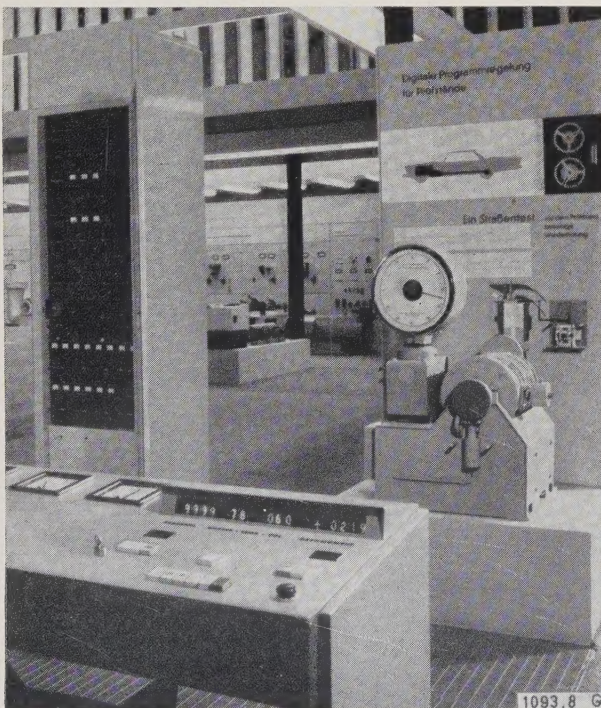


Bild 8. Prüfstand für die Kraftfahrzeugindustrie mit digitaler Programmregelung.

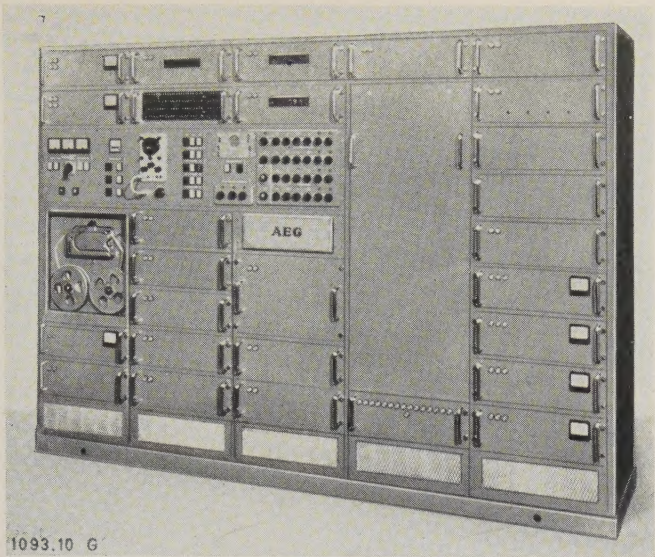


Bild 10. Numerische Steuerungseinrichtung für eine Großwerkzeugmaschine.

mit richtigen Vorzeichen herausgezählt und über einen Digital-Analog-Wandler dem Stellverstärker zugeführt. Der Verhältnis-Sollwert kann in Stufen von 0,2% eingestellt werden. Trotz des intermittierenden Meßverfahrens bekommt die Regelung infolge der kurzen Meßzeiten von 10 ms praktisch einen stetigen Charakter. Die Unsicherheit liegt bei 10^{-4} . Durch eine Wirbelstrombremse konnte das Verhalten bei Belastung vorgeführt werden.

Eine weitere Anwendung der digitalen Drehzahlregelung zeigten die SSW an einem Pendelmaschinen-Prüfstand für die Kraftfahrzeugindustrie (Bild 8). Hier liegt die Aufgabe vor, Drehzahl, Drehmoment und andere Betriebsgrößen nach einem statischen Programm einzustellen und zu regeln, das mit sehr großer Genauigkeit reproduzierbar sein soll, oder nach einem dynamischen Programm, das in seinem Ablauf die wechselnden Verhältnisse einer Testfahrt getreu wiedergeben kann. Hierzu wird die Drehzahl über Impulsgeber, das Drehmoment an der Waage über Schlitzscheiben und Frequenzteiler in entsprechende Ist-Frequenzen umgewandelt und mit den zugehörigen Soll-Frequenzen verglichen, wobei die Abweichungen den Reglern zugeführt werden. Für den schnellen analogen Vergleich werden aus den Frequenzen proportionale Gleichspannungen gebildet, der digitale Vergleich vollzieht sich in Differenzzählern mit nachfolgender Korrektur des analogen Regelkreises, wie im Prinzip in Bild 6 dargestellt ist, wobei zur Vorführung der Verbrennungsmotor durch einen Elektromotor simuliert wurde. Die Soll-Frequenzen werden aus einer Quarzfrequenz durch variable Frequenzteiler gewonnen, die für das statische Programm durch Lochstreifen angesteuert werden. Für

das dynamische Fahrprogramm werden die Soll-Frequenzen von einem Magnetband abgenommen, auf das sie während der Testfahrt über geeignete Meßumformer aufgebracht worden sind.

Von großer Wichtigkeit ist die digitale Kontrolle einer Lage, z. B. für die Positionierung der Werkzeuge an Werkzeugmaschinen oder der Walzen eines Walzgerüsts. An einem Modell der AEG wird die Stellung einer Achse durch eine photoelektrisch abgetastete Rasterscheibe wiedergegeben, deren kodierte Rasterspur die Winkellage digital herausgibt (Bild 9). Das Vielfache einer Umdrehung kann mit weiteren Kodescheiben gemessen werden, die mit entsprechender Untersezung über Zahnräder angetrieben werden. Bei diesem Prinzip steht die Information dauernd und sofort nach dem Einschalten zur Verfügung. Der Istwert und der z. B. durch Drucktasten vorgegebene Sollwert werden in einem Subtrahierwerk verglichen. Die Abweichung wird über einen Digital-Analog-Wandler in einem analogen Stellbefehl für die Regelung umgewandelt.

Eine Anwendung findet diese Technik bei einer numerischen Steuerungseinrichtung für eine Großwerkzeugmaschine (AEG, Bild 10). Hierbei werden alle Werte für die Positionierung numerisch in eine Saldiermaschine eingegeben und gleichzeitig in ein Lochband umgesetzt. Dabei kann entweder die genaue Ansteuerung bestimmter Punkte vorgegeben werden (Punktsteuerung) oder die Bewegung des Werkzeuges zwischen vorgegebenen Punkten auf einer vorgeschriebenen Bahn (Bahnsteuerung). In diesem Fall wird die Bahn durch eine digital arbeitende Recheneinrichtung (Interpolatur) aus den Punkten laufend berechnet und in die Werkzeugbewegung umgesetzt. Mit dieser Steuerung können sämtliche Bahnen, die in Geraden oder Kreisstücke zerlegt werden können, verwirklicht werden, wie an einem Koordinatographen im Maßstab 1:1 vorgeführt wurde.

Mit Lochstreifeneingabe arbeitet auch eine Konsolfräsmaschine, die mit der elektrischen Steuereinrichtung von BBC ausgerüstet ist. Die Werkstücke können in drei zueinander senkrechten Ebenen bearbeitet werden. Der Lochstreifen enthält die Information über Spindeldrehzahl, Vorschub und Position der Werkzeugbewegung, deren Zustellgenauigkeit 0,01 mm beträgt.

Die analogen Steuer- und Regelverfahren bleiben stets die Grundlage der Leistungsübertragung. In vielen Fertigungszweigen wird der robuste Asynchronmotor dem Gleichstrommotor mit seinem empfindlichen Kommutator vorgezogen. Seine verlustlose Drehzahlregelung konnte früher nur mit rotierenden Zusatzumformern, z. B. als Scherbiuskaskade, durchgeführt werden. Für unsynchronen motorischen Betrieb wurde von den SSW eine Kaskade mit Stromrichtern gezeig (Bild 11). Der Asynchronmotor mit Schleifringläufer gibt seine mechanische Leistung an den Verbraucher und die Schlupfleistung über Gleichrichter an das Netz zurück. Dabei wird der Läuferstrom über einen ungesteuerten Silizium-Gleichrichter gleichgerichtet und über

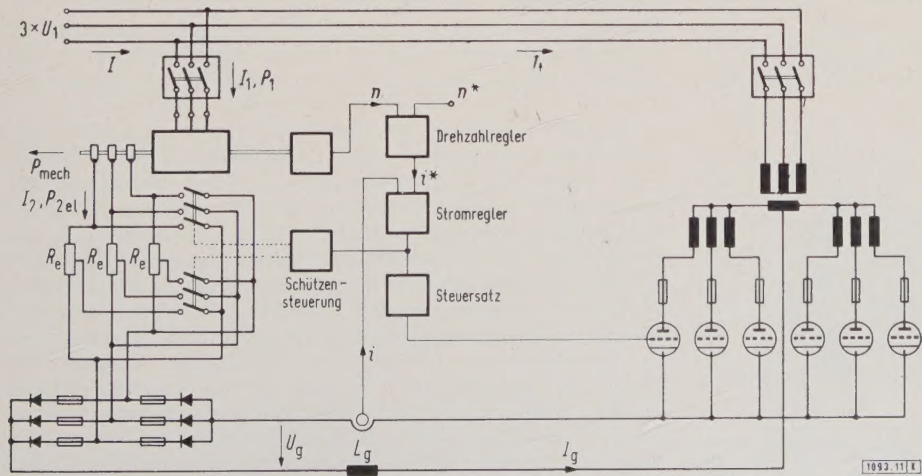


Bild 11. Untersynchrone Stromrichter-Kaskade.

einen als Wechselrichter arbeitenden gesteuerten Quecksilber-Stromrichter ins Netz zurückgespeist. Angefahren wird über Widerstände; die Drehzahl kann im Bereich 1:2 über die Aussteuerung des Wechselrichters verändert werden. Die Stromrichterleistung ist dem Drehzahlstellbereich proportional. Durch eine Regelung der Drehzahl erhält die Kaskade ein vorzügliches dynamisches Verhalten.

Das Vordringen der gesteuerten Halbleiter-Stromrichter zu größeren Leistungen wurde durch einen BBC-Antrieb von 35 kW dokumentiert, der mit Silizium-Thyristoren für 130 A ausgerüstet ist. Damit kann vor allem der Raumbedarf derartiger Anordnungen erheblich verringert werden.

Transformatoren und Meßwandler

Von Alfred Frank und Albert Kaltofen, Stuttgart*)

DK 621.314.21+621.314.22.08 : 061.4(43-2.27) "1961"

Transformatoren

Die auf der Messe ausgestellten Fabrikate des Transformatorbaues gaben ein überzeugendes Bild von der Leistungsfähigkeit auf diesem Gebiet. Angefangen von Spitzenerzeugnissen für Betriebsspannungen bis 500 kV waren sämtliche Leistungsstufen bis zu Kleintransformatoren für die verschiedensten Verwendungszwecke vertreten. Die Aufgaben dieses Gebietes bestehen einestells in der Bereitstellung immer größerer Leistungseinheiten, zum anderen darin, durch Schaffung geeigneter Ausführungsformen die Verwendung der Transformatoren immer universeller zu machen. Es sei hier an Transformatoren für Schwerpunkstationen, die Trenntransformatoren auf Baustellen und die Steuertransformatoren für Werkzeugmaschinensteuerungen

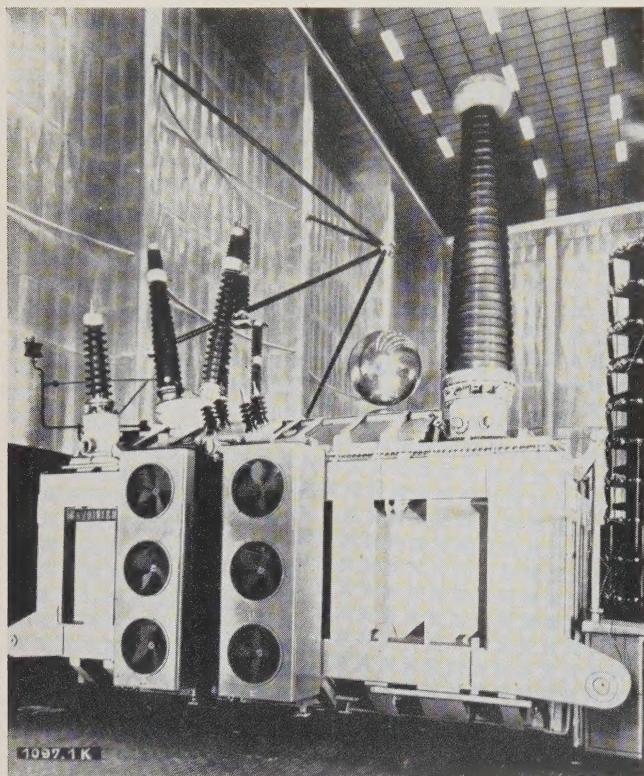


Bild 1. Einphasiger 525-kV-Spartransformator, 525 kV/115 kV $\pm 10\%$, 90 MVA/90 MVA/50 MVA.

erinnert. Auch für die Anwendung im Schiffbau, in schlagwetter- oder explosionsgefährdeten Gebieten ergeben sich immer neue Möglichkeiten, die den Konstrukteur zu neuen Lösungen anregen. Ausführungsbeispiele aus jedem der erwähnten Gebiete gewährten Einblick in den derzeitigen Entwicklungsstand.

Von der Savoisienn, Aix les Bains (Frankreich), wurde ein Pol einer Drehstromgruppe für 270 MVA Durchgangsleistung und eine Betriebsspannung von 525 kV/115 kV $\pm 10\%$ in Stern-Sparschaltung gezeigt. Eine dritte Wicklung für 50 MVA gestattet gleichzeitig die Speisung eines 11-kV-Netzes. Zur Regelung dient ein Stufenschalter System Dr. Jansen in 13 Stufen. Für die Kühlung sind an den beiden Längsseiten je zwei Öl-Luft-Kühler vorgesehen, die beim Transport abgenommen werden. Das Fertiggewicht des Poles ist mit 175 t bei 47 t Olgewicht, für den Transportzustand mit 115 t angegeben (Bild 1).

*) Oberingenieur A. Frank (Bearbeiter des Abschnitts Transformatoren) ist Abteilungsleiter und Oberingenieur A. Kaltofen (Bearbeiter des Abschnitts Meßwandler) ist Leiter der Meßwandler-Entwicklung der AEG-Fabrik Stuttgart.

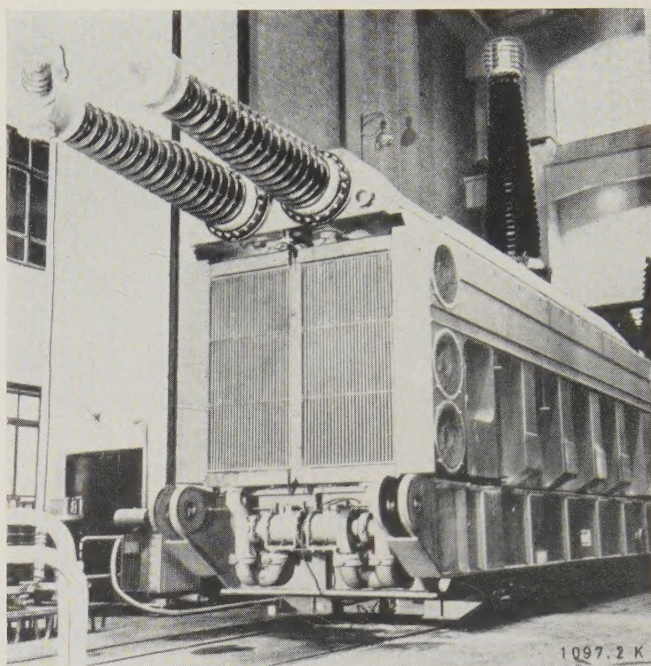


Bild 2. Einphasentransformator mit waagrecht liegenden Wicklungsachsen, 400 kV/231 kV Betriebsspannung.

Die Forges & Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont, Paris, zeigten an einem Modell im Maßstab 1:10 die Ausführung eines Einphasentransformators für 400 kV/231 kV Betriebsspannung, der hinsichtlich seiner Leistung und seiner Spannungsverhältnisse den in Deutschland gebauten Transformatoren der 400-kV-Übertragung Rommerskirchen-Hoheneck entspricht. Es handelt sich hier um einen sogenannten Manteltyp mit waagrecht liegenden Wicklungsachsen. Der Kessel besteht aus einer Haube und einem wannenförmigen Unterteil, an der Stoßstelle öldicht verschweißt. Die Öl-Luft-Kühler sind transportfähig an den beiden Stirnseiten untergebracht und werden durch insgesamt 12 Lüfter beblasen (Bild 2).

Ein Wandertransformator für eine Leistung von 100 MVA und 220 kV Betriebsspannung in bekannter Ausführung wurde von der Firma August Lepper, Transformatorenwerk, Bad Honnef/Rhein, ausgestellt. Eine ähnliche Ausführung zeigte in einer Photomontage die Continental Elektroidustrie AG, Schorch-Werke, Rheydt. Die Dominitwerke GmbH, Brilon (Westfalen), hatten einen Drehstrom-Öltransformator für Dreiwicklungsbetrieb mit einer Nennleistung von 35 MVA und Betriebsspannungen 110/22/6,5 kV in Kühlungsart FS ausgestellt. Ein Stufenschalter in der 110-kV-Wicklung gestattet eine Regelung in ± 13 Stufen.

Verteilungstransformatoren in meist konventioneller Ausführung waren in großer Zahl vertreten. Hier liegt das Problem weniger in einer Änderung der konstruktiven Gestaltung. Die Aufgabenstellung besteht darin, durch Verringerung der Verluste, Verbesserung der Isolations- und Kurzschlußfestigkeit sowie Geräuschverminderung noch bessere Betriebseigenschaften zu erzielen.

Eine Ausnahme hinsichtlich der Ausführung bilden hier die von der Compagnie de Construction de Gros Matériel Electro-Mécanique (CEM), Paris, gezeigten Modelle. An Stelle der geschichteten, in einer Ebene liegenden Kerne werden hier im Dreieck angeordnete kreisförmige Kernaussäulen verwendet, auf die ebenfalls in Dreieckform ausgebildete Joch stumpf aufgesetzt wird. Als Vorteil dieser Anordnung wird vollkommene Symmetrie des magnetischen

Kreises und ein sehr günstiges Verhalten gegenüber allen elektrodynamischen Belastungen angegeben. Transformatoren dieser Bauart werden von 16 bis 4000 kVA gefertigt (Bild 3).

Von den Dominitwerken wurde die Neukonstruktion eines schlagwettergeschützten Transformators vorgestellt. An Stelle der bisherigen Kühlrippen ist das Gehäuse mit Kühlkörpern versehen, durch welche die Kühlluft geführt wird mit dem Erfolg einer besseren Kühlwirkung.

Für Zwecke der Spannungskonstanthaltung wurde von der Hochspannungs-Gesellschaft Fischer & Co, Köln, ein Doppeldrehtransformator für eine Leistung von 1250 kVA und mit einer Übersetzung von $400\text{ kV} \pm 10\text{ ‰}$ / $400\text{ kV} \pm 0,5\text{ ‰}$ entwickelt. Ähnlichen Zwecken dient der

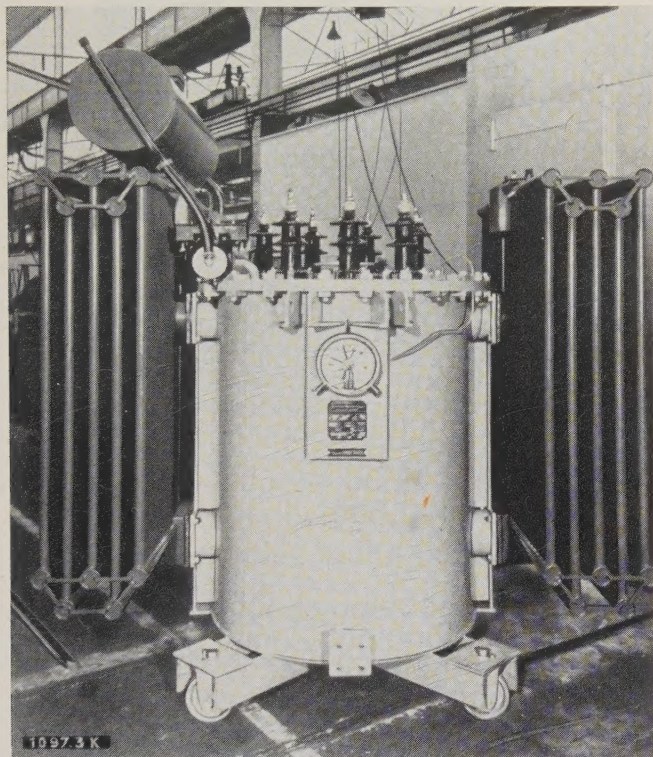


Bild 3. Transformator mit im Dreieck angeordneten kreisförmigen Kernsäulen.

Regeltransformator mit Drehkernen, System Pruneau, der CEM. Es besteht die Möglichkeit, die Sekundärspannung auf jeden beliebigen Wert innerhalb eines bestimmten Bereiches einzustellen. Die Spannung läßt sich bei primären Spannungsschwankungen bis zu 20 ‰ des Nennwertes konstant halten, oder aber die Betriebsspannung kann fortlaufend innerhalb eines sehr großen Bereiches verändert werden. Die Regelwicklung besteht bei dieser Ausführung aus blankem gerundetem Profilkupfer und liegt dem Kern am nächsten. Die Spannung wird über einen Gleitkontakt abgegriffen, der sich in einer senkrechten Nut des Magnetkernes bewegt. Durch Drehen dieses Kernes von Hand oder über einen Servomotor findet die gewünschte Einstellung statt. Vorgesehen ist diese Konstruktion für Primärspannungen bis 30 kV und sekundärseitig 220 bis 400 V für Leistungen zwischen 125 und 630 kVA. Auch für die Regelung von Elektroöfen kann diese Ausführung verwendet werden. Üblich sind hier Leistungen bis zu 1000 kVA bei Strömen bis zu 6000 A (Bild 4).

Dem Erfordernis nach raumsparenden Konstruktionen dienen Transformatoren mit unmittelbarem Kabelanschluß. Ein derartiges Modell wurde von der Siemens-Schuckertwerke AG (SSW), Erlangen, ausgestellt.

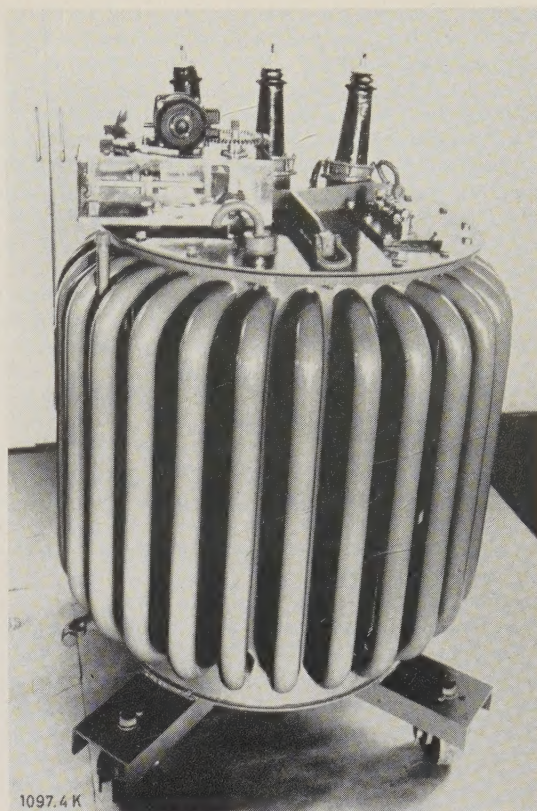


Bild 4. Regeltransformator mit drehbarem Kern.

Der Transformator hat eine Leistung von 400 kVA bei einer Übersetzung von 20 kV/400 V. Die vergießbaren Kabelanschlußkästen werden an Rohrkrümmern auf dem Deckel des Transformators angeflanscht. Sie gestatten den Anschluß von ein bis zwei Kabeln für Ströme von 200 bis 630 A.

Von der gleichen Firma wurde auch eine sogenannte Schwerpunktstation ihrer neuesten Entwicklung gezeigt. Diese besteht aus einem System von drei Bausteinen — Hochspannungsbaustein, Transformator, Niederspannungsbaustein — mit dem sich Stationen für die verschiedensten Zwecke zusammenstellen lassen. Bei Transformatorenleistungen von 315 kVA und mehr werden die drei Bausteine erst am Aufstellungsort vereinigt, so daß sich keine besonderen Transportprobleme ergeben. Für kleinere Leistungen von 50 bis 250 kVA und eine Reihenspannung von 10 kV sind die Hochspannungsschaltgeräte voll isoliert, wodurch sich eine noch gedrängtere, raumsparende Bauweise ergibt.

Auch auf dem Gebiete der Schutz- und Trenntransformatoren wurden neue Muster gezeigt. So hatte die Firma Julius Karl Görler, Werk Berlin, Berlin-Reinickendorf, eine Baureihe ortsfester und ortsveränderlicher Trenntransformatoren nach VDE 0550/2. 55 ausgestellt. Sie entsprechen auch den neuen Bestimmungen nach VDE 0100/11. 58. Die Firma Joh. Schlenker-Maier, Schwenningen, brachte ein tragbares Gerät in Schutzart P 32 mit

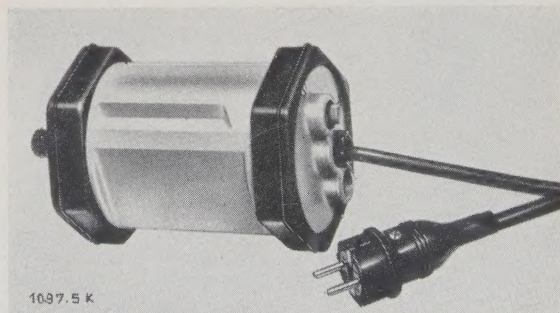


Bild 5. Rollbarer Schutztransformator.

eingebautem Motorschutzschalter, der bei Kurzschluß und Überlastung auslöst. Auch die May & Christe GmbH, Oberursel (Taunus), hatte solche Geräte ausgestellt.

Die Firma Erso Adrian & Co., Kettwig, zeigte einen rollbaren Schutztransformator für die Speisung von Niederspannungsleuchten. Er ist in ein mit Gummireifen umgebenes Leichtmetallgehäuse eingebaut. Seine Wicklungen sind in Gießharz eingebettet und außerdem durch das abgedichtete Gehäuse geschützt (Bild 5).

Für den Einbau in Werkzeugmaschinensteuerungen hat die Firma May & Christe eine Typenreihe von Einphasen-Steuertransformatoren entwickelt. Sie haben auf der Primärseite zum Ausgleich von Netzspannungsschwankungen Anzapfungen von $\pm 5\%$ der Nennspannung. Die Sekundärspannung ist immer 220 V und sinkt auch bei Vollast nicht unter 210 V ab. Ein sicheres Durchschalten der Steuerungselemente ist dadurch gewährleistet.

Die Firma Appareils Scientifiques de Précision, Paris, führte eine reiche Auswahl von Umstellern für senkrechten oder waagerechten Einbau in Verteilungstransformatoren vor. Diese sind für Ströme von 63 bis 315 A und Reihenspannungen bis 60 kV geeignet.

Die Renzmann & Grünwald KG, Monzingen a. d. Nahe, zeigte als Neuerung einen Öl-Wasser-Kühler, der mit einem Ölströmungsanzeiger ausgerüstet ist. Der Einfluß der Viskosität des Oles, der bei den bisherigen Anordnungen zu häufigerem Versagen der Anzeiger führte, soll dadurch ausgeschaltet werden.

Meßwandler

Auf dem Meßwandlergebiet ließ die diesjährige Messe eine weitere Zunahme der Anwendung von Gießharz-isolation bei Wandlern für Nieder- und Mittelspannungen erkennen. Erstmals wurden gießharzisierte Mittelspannungs-

wandler mit eingebauten Hochspannungssicherungen, ein gießharzisolierter 10-kV-Stromwandler, der den Bedingungen für den Einbau in schlagwettergeschützte Schaltanlagen entspricht, und gießharzisierte 20-kV-Strom- und Spannungswandler für Freiluftverwendung gezeigt. Durch besondere konstruktive Ausbildung und geschickte Anpassung neuentwickelter gießharzisolierter Strom- und Spannungswandler ist es jetzt möglich, gießharzisierte Schaltfelder mit besonders kleinem Raumbedarf für stahlblechgekapelte Mittelspannungsanlagen zu bauen.

Bei den Meßwandlern für Hochspannungsanlagen lagen keine grundsätzlichen Neuentwicklungen vor.

Die ausgestellten Meßwandler für Höchstspannungsanlagen zeigten die bestehende Tendenz, durch mehrteilige Ausführung die Transportmöglichkeit dieser großen Wandler zu verbessern. Ein besonders bemerkenswertes Ausstellungsstück stellte ein

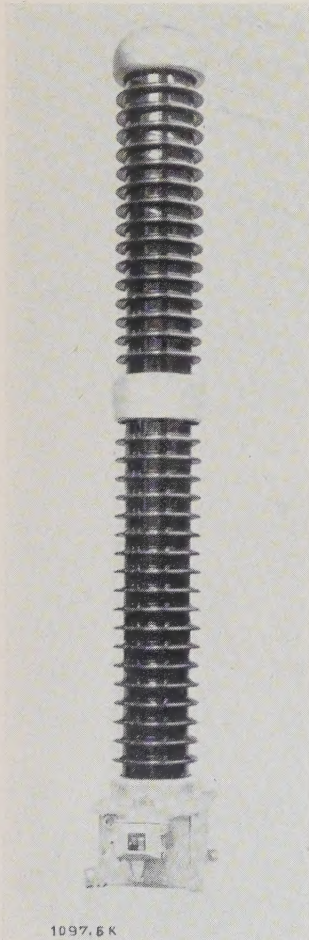


Bild 6. Kapazitiver Freiluft-Spannungswandler für 380 kV, 4400 pF.

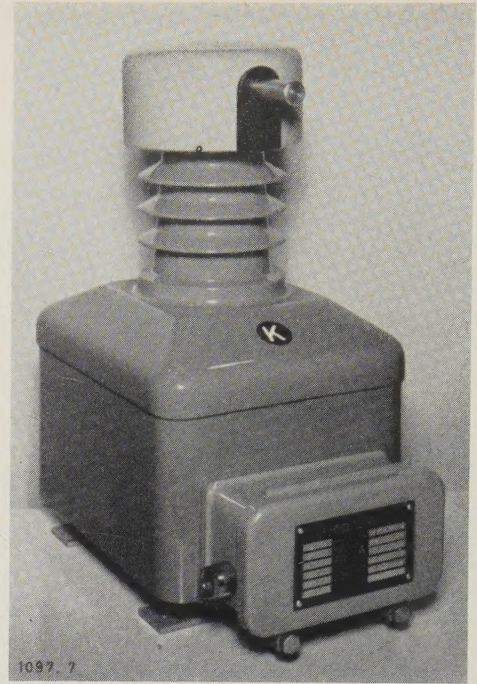


Bild 7. Freiluft-Stromwandler, Reihe 20, mit Gießharz-isolation.

Stromwandler für 525 kV mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen dar.

Die Brown, Boveri & Cie. AG (BBC), Mannheim, stellte je einen kapazitiven Spannungswandler, Fabrikat Micafil AG, Zürich, für 110 kV, 220 kV und 380 kV aus. Neu ist der 380-kV-Wandler mit zweiteiligem Hochspannungskondensator von 4400 pF und einer Nennleistung von 400 VA in Klasse 0,5 (Bild 6).

Die Calor-Emag AG, Ratingen, zeigte in Schaltwagen stahlblechgekapelter Schaltanlagen eingebaute gießharz-isolierte Strom- und Spannungswandler (Fabrikat Meßwandler-Bau GmbH, Bamberg, und Wandler- und Transformatorenwerk Wirges GmbH, Wirges/Westerwald). Diese

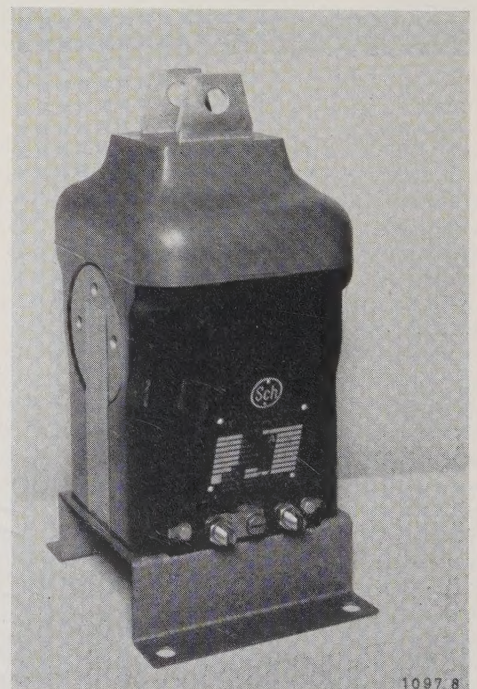


Bild 8. Schlagwettergeschützter Stromwandler, Reihe 10, mit Gießharz-isolation.

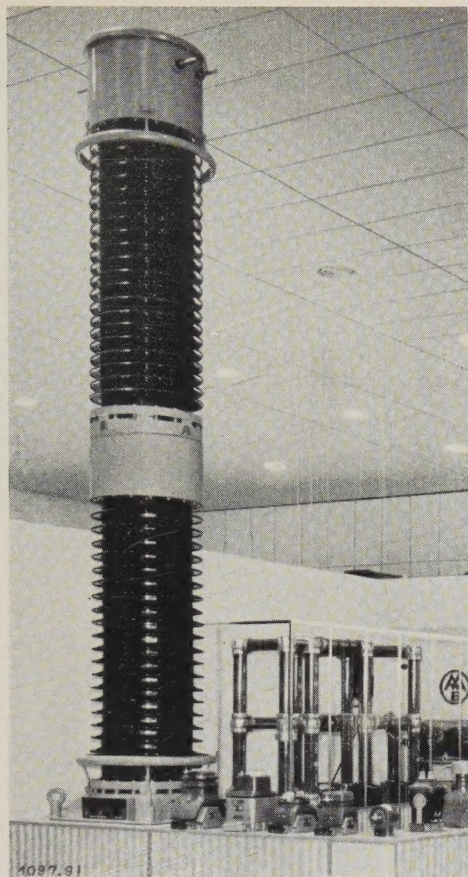


Bild 9. Kombiniertes Freiluft-Strom- und Spannungswandler, zweiteilig, mit induktivem Spannungswanderteil, Reihe 380 E, ölisiert, vollkommen geschlossen.

neuentwickelten Wandler ermöglichen den Bau gekapselter, gießharzisolierter Mittelspannungs-Schaltfelder mit besonders kleinem Raumbedarf.

Die Meßwandler-Bau GmbH, Bamberg, stellte wie in den Vorjahren eine Auswahl aus ihrem Fertigungsprogramm mit folgenden Neuentwicklungen aus: gießharzisierte Strom- und Spannungswandler der Reihe 20 in Freiluftausführung (Bild 7), einen gießharzisierten, schlagwettergeschützten Stromwandler der Reihe 10 (Bild 8), einen zweiteiligen 380-kV-Stromwandler, der auch als induktiver Spannungswandler bzw. Kombiwandler mit induktivem Spannungswandler ausführbar ist (Bild 9), und schließlich einen kapazitiven 380-kV-Spannungswandler mit dreiteiligem Hochspannungskondensator von 2500 pF und einer Nennleistung von 200 VA in Klasse 0,5.

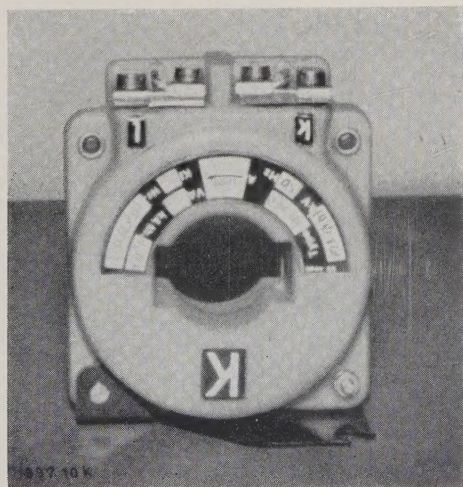


Bild 10. Ringkern-Stromwandler, Reihe 0,5, mit Gießharzgehäuse.

Die Purrmann & Herr GmbH, Düsseldorf-Holthausen, zeigte ihr Wandlerprogramm für Nieder- und Mittelspannungen. Bemerkenswert waren neue Betriebsstromwandler der Reihe 0,5 als Aufschiebe- oder Einschienenwandler in Gießharzgehäuse, für feuchte Räume und die Tropen geeignet (Bild 10), sowie Zähler- und Betriebsstromwandler der Reihe 0,5 als Aufschiebe-, Einschienen- oder Wickelwandler in Preßstoffgehäuse.

Die Dr.-Ing. Hans Ritz Meßwandlerwerk GmbH, Hamburg, zeigte wie alljährlich einen umfassenden Überblick aus ihrer Fertigung und folgende Neuentwicklungen: porzellanisierte Freiluft-Stromwandler der Reihe 20 und 30 (Bild 11) und ölisierte, vollständig abgeschlossene Freiluft-Spannungswandler der Reihe 45 und 60, die wegen ihrer kleinen Abmessungen bemerkenswert sind.

Die Deutsche Gesellschaft für elektrische Industrie mbH, Frankfurt a. M. (Elin), stellte einige Muster gießharzisolierter Strom- und Spannungswandler für Mittelspannungen aus.

Auf dem Gemeinschaftsstand französischer Firmen zeigte die CEM wie im Vorjahr einen ölisierten 60-kV-Stromwandler (Lizenz BBC) und die Firma Savoienne (CGE) einen kapazitiven Spannungswandler für 525 kV mit einem Hochspannungskondensator von 3000 pF, Nennleistung 200 VA in Klasse 0,5, sowie Gießharz-Spannungswandler für Mittelspannungen dabei einige Ausführungen mit in den Hochspannungsdurchführungen eingebauten Hochspannungssicherun-

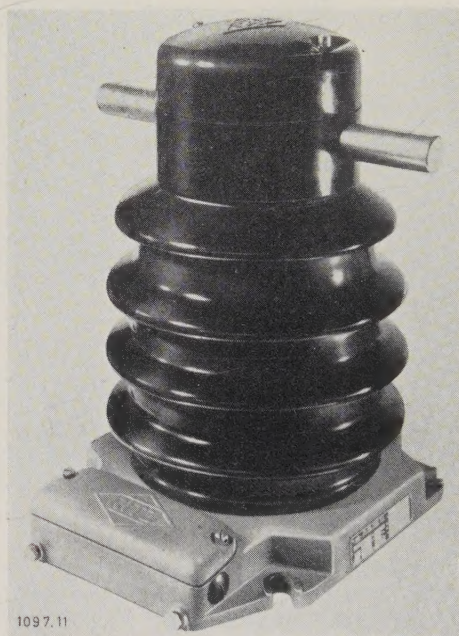


Bild 11. Freiluft-Trockenstromwandler mit Porzellanisolation, Reihe 20.

gen. Die Firma Ateliers de Constructions Electriques de Delle der CGE, Villeurbanne/Rhône (Frankreich), zeigte einen 525-kV-Stromwandler mit einer Nennübersetzung von $2 \times 500 \text{ A} / 5 \text{ A} / 5 \text{ A}$. Dieser Wandler weist für diese Spannung bemerkenswert kleine Abmessungen auf. Die von der CGE gezeigten 525-kV-Wandler entsprechen in Ausführung und Abmessungen den 420-kV-Wandlern, welche diese Firma auf der Industrie-Messe Hannover 1958 ausgestellt hatte. Die Firma Merlin & Gérin, Grenoble (Frankreich), hatte wie im Vorjahr einige Gießharz-Strom- und Spannungswandler für Mittelspannungen ausgestellt.

Die Firma Dr. techn. Josef Zelisko, Mödling bei Wien, stellte wie in den Vorjahren aus ihrem bis Reihe 30 reichendem Fertigungsprogramm gießharzisierte Meßwandler aus.

Stromrichter

Von Ernst H. Ludwig und Wilhelm Nowag, Mannheim*)

DK 621.314.6 : 061.4(43-2.27) "1961"

Quecksilberdampf-Stromrichter

Die diesjährige Messe zeigte auf dem Gebiete der Quecksilberdampf-Stromrichter besonders deutlich das Bemühen der stromrichterbauenden Firmen, eine Typenreihe von einanodigen Gefäßen zu entwickeln, mit welcher der gesamte gegenwärtige Leistungsbereich der Stromrichterantriebe beherrscht wird. Die Betriebsbedingungen dieses dem Quecksilber-Stromrichter im wesentlichen vorbehaltenen Anwendungsgebietes stellen an die Gefäße besondere Anforderungen: hohe stoßartige Überlastungen bis zum

Auf dem Stand der Brown, Boveri & Cie. AG (BBC), Mannheim, sah man das bereits 1960 gezeigte luftgekühlte, pumpenlose Einanodengefäß als Baukasteneinschub mit allen Hilfseinrichtungen jetzt als Dreiereinheit in einem Schrank. Es leistet 100 A (Gleichstrommittelwert) bei einer Spitzenspannung von 3 kV. In Fortsetzung der Typenreihe war ein neues Gefäß für 300 A Gleichstrommittelwert gezeigt; dieser Wert gilt unabhängig von der Aussteuerung (Bild 2). Als thermischer Grenzstrom für das Gefäß werden 500 A und als Stromscheitelwert 2700 A bei einer betriebsmäßig

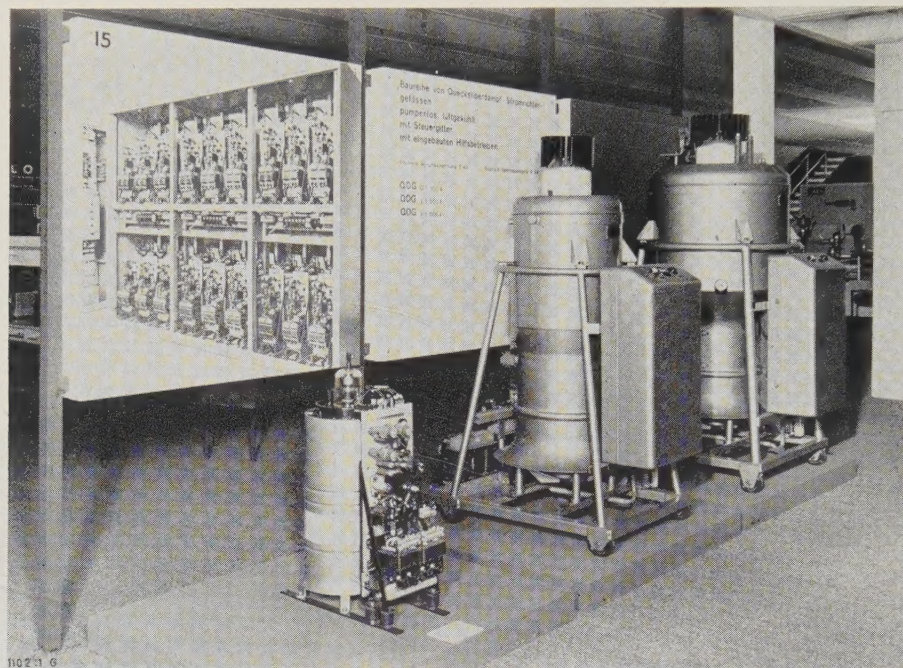


Bild 1. Baureihe von Quecksilberdampf-Stromrichtergeräten für 100, 300 und 500 A, Bauart AEG.

dreifachen Nennstrom, fast ständiger Betrieb im Teilspannungs- und Wechselrichterbereich und Anfahren aus dem kalten Zustand. Selbstverständlich wird höchste Betriebssicherheit verlangt, besonders bei Verwendung für Walzwerks- und Förderantriebe. Entsprechend diesen Bedingungen hatten besonders die deutschen stromrichterbauenden Firmen pumpenlose Eisenstromrichtergeräten im Bereich von 30 bis 600 A ausgestellt.

Auf dem Stand der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), Berlin, sah man ihre nunmehr vollständige Typenreihe von luftgekühlten, pumpenlosen Einanodengefäßen für Gleichstrom-Mittelwerte von 100 A, 300 A und 500 A (Bild 1). Die maximal zulässige Spitzenspannung wird mit 5 kV und die zulässige Sprungspannung mit 3 kV angegeben. Mit sechs Gefäßen in Saugdrosselschaltung erreicht man 600 A, 1800 A und 3000 A. Bemerkenswert sind folgende angegebenen maximal betriebsmäßig zugelassenen Impulsstromstärken einer Sechsergruppe bis zu einer Dauer von 20 s bei Gefäßtemperaturen über 20 °C von 1800 A, 5400 A und 7500 A. Die AEG gibt an, daß mit den drei Gefäßtypen in Sechserschaltung der Leistungsbereich von 50 bis 3600 kW beherrscht wird. Alle drei Gefäßarten sind luftgekühlt. Die Gefäße der beiden größeren Leistungseinheiten sind zusätzlich mit einer Anodenschaufel-, Deckel- und Bodenbeheizung ausgerüstet, die automatisch geschaltet wird. Das Gefäß hat eine nichtisolierte Kathode und ist mit einem Rekombinationsschirm ausgerüstet. Es wird über einen Halbleiterzündstift gezündet.

*) Dr. techn. E. H. Ludwig und Dr.-Ing. W. Nowag sind Mitarbeiter der Brown, Boveri & Cie. AG, Mannheim.

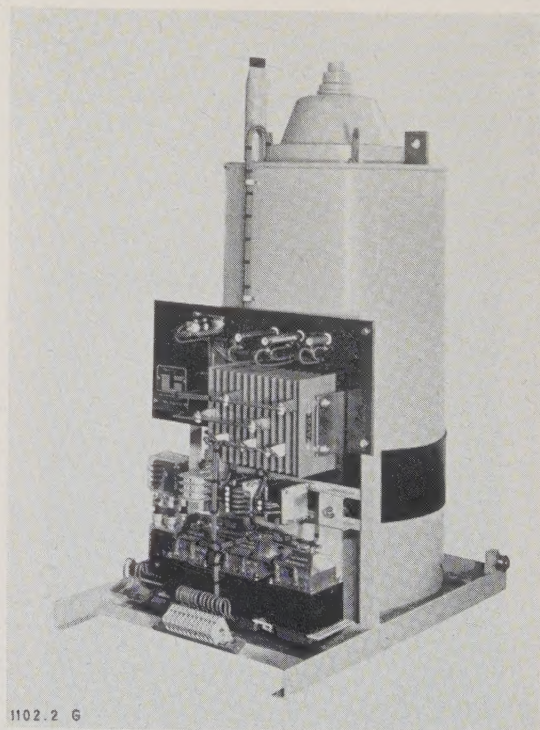


Bild 2. Luftgekühltes pumpenloses Quecksilberdampf-Stromrichtergeräten für 300 A, Bauart BBC.

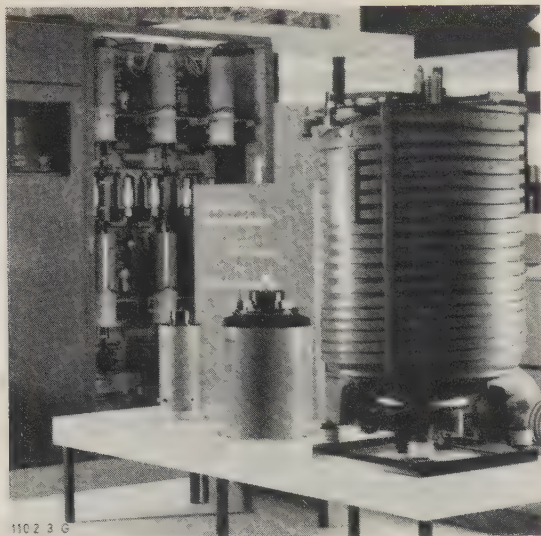


Bild 3. Baureihe von Quecksilberdampf-Stromrichtergeräten für 30, 120 und 600 A, Bauart SSW.

zugelassenen Sperrspannung von 4 kV angegeben. Das Gefäß ist im wesentlichen für Anlagen bis 800 V Gleichspannung bestimmt. Die Typenreihe der BBC wird abgeschlossen durch ein bereits seit längerem hergestelltes Gefäß für 600 A mit einer Sperrspannung von 7,5 kV. Auch BBC gibt an, diese Gefäße für die besonderen Bedingungen der Stromrichter-antriebe entwickelt zu haben.

Die Siemens-Schuckertwerke AG (SSW), Erlangen, die für große Ströme in Elektrolyseanlagen schon frühzeitig ein wassergekühltes, pumpenloses Gefäß für 600 A entwickelt haben, sind zunächst zu extrem niedriger Stromstärke übergegangen. Ihre Typenreihe beginnt mit 30 A. Entsprechende Gefäße für diese Stromstärke in betriebsmäßiger Schaltung für einen Werkzeugmaschinenantrieb wurden bereits 1960 gezeigt. Als neuer Einanodentyp wurde von den SSW ein Gefäß für 120 A mit kurzzeitiger dreifacher Überlastbarkeit ausgestellt. Für dieses Gefäß geben die SSW als maximale Sperrspannung 2500 V und als maximale Stromspitze in Saugdrosselschaltung mit sechs Gefäßen 2160 A, 20 s, an. Das Gefäß hat nichtisolierte Kathode, Zündstiftzündung und Gleichstromerregung. Damit verfügen gegenwärtig die SSW über eine Baureihe von 30 A, 120 A und 600 A (Bild 3).

Zur Abrundung des Gebietes der Quecksilberdampf-Stromrichtergeräße sei noch auf die ausgestellten Erzeugnisse der französischen Firma Forges et Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont, Paris, hingewiesen, die bekanntlich sehr viele Einanodengefäße (Excitrons) für Lokomotiven mit Rekuperationsbetrieb geliefert hat. Es seien hier die Leistungsdaten der beiden ausgestellten Gefäße angegeben:

1. Vakuumdicht abgeschmolzenes, einanodiges luftgekühltes Stromrichtergeräße;
Leistung in Dreiphasen-Brückenschaltung mit 6 Gefäßen:

Dauerleistung 1500 kW, 1500 V, 1000 A,
Überlastung 1500 A während 2 h, 2000 A während 1/2 h,
3000 A während 5 min.

2. Vakuumdicht abgeschmolzenes, einanodiges wassergekühltes Stromrichtergeräße in Zweipuls-Gegentaktschaltung mit 2 Gefäßen;

Dauerleistung 1440 kW, 1200 V, 1200 A,
Überlastung 1500 A während 1/2 h, 2000 A während 3 min.

Die guten Erfahrungen von Jeumont mit den Gefäßen für 250 und 600 A Gleichstrommittelwert haben zu vielen Ausrüstungen geführt. Es ist jedoch zu vermuten, daß diese

Excitrons im Silizium-Gleichrichter einen Konkurrenten erhalten, wenn man einmal auf die Rekuperation verzichten kann.

Anwendungen der Quecksilberdampf-Stromrichter

Viel Interesse erweckten einige neue Anwendungsmöglichkeiten des Quecksilberdampf-Stromrichters. Die SSW hatten auf ihrem Stand eine „Untersynchrone Stromrichter-kaskade“ ausgestellt. Es handelt sich dabei um einen schlupfgeregelten Asynchronmotor mit Schleifringanker. Die Stromrichter-kaskade ist für Verbaucher bestimmt, die nur einen kleinen Drehzahlbereich benötigen und verlustarm und schnell in ihrer Drehzahl geregelt werden sollen. Die aufgebaute Modellanlage zeigte sehr schön die gleichzeitige Verwendung von Quecksilber- und Silizium-Gleichrichtern. Die Schlupfleistung mit Schlupffrequenz wird von einer Silizium-Gleichrichteranlage gleichgerichtet und einem Quecksilber-Stromrichter zugeführt, der als Wechselrichter arbeitend die Leistung ins 50-Hz-Netz zurückliefert. Die ideellen Gleichstromleistungen, für welche Quecksilber- und Silizium-Gleichrichter ausgelegt werden müssen, sind dem Drehzahlstellbereich proportional, der Blindlastbedarf für den Wechselrichter muß zusätzlich aufgebracht werden. Das ausgestellte Modell war für einen Drehzahlregelbereich von 1:2 ausgelegt. Es konnte mit einem vorgegebenen konstanten, linear oder quadratisch mit der Drehzahl ansteigenden Gegenmoment vorgeführt werden. Alle Stromrichter, Regel-, Schutz- und Überwachungseinrichtungen waren übersichtlich in einem Schrank angeordnet (Bild 4).

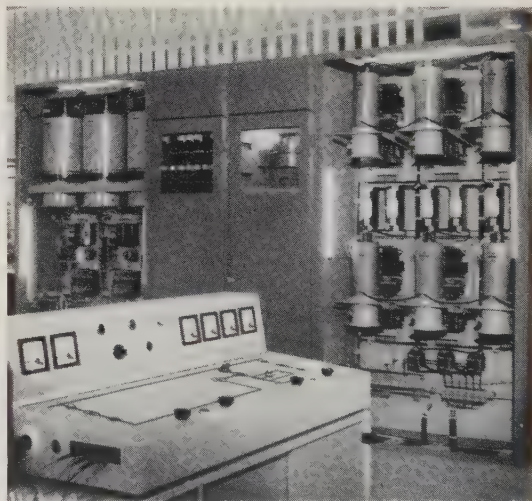


Bild 4. Untersynchrone Stromrichter-kaskade.

Auf dem BBC-Stand war eine Reihe von neuen Anwendungsbeispielen für den Quecksilber-Stromrichter zu sehen. Neben dem Modell eines stromrichtergespeisten Walzwerkes mit zwei Spezialgeräten, das mit Erläuterungen in allen Phasen des Walzvorganges vorgeführt wurde, war besonders ein fremdgeführter Mittelfrequenz-Umrichter beachtenswert, dessen Bauteile komplett in einem Schaltschrank zusammengebaut waren. Solche Umrichter dienen zur genauen phasengleichen Einspeisung von Tonfrequenzleistungen an mehreren Punkten eines Netzverbandes für Rundsteueranlagen. Der Umrichter arbeitet vom 50-Hz-Netz aus über einen Gleichstrom-Zwischenkreis. Die Konstanz der erzeugten Tonfrequenz bei Rundsteueranlagen ist ausgezeichnet, da die Führungsfrequenz für den Wechselrichter einem Quarz- oder Stimmgabel-Generator entnommen wird. Der ausgestellte Umrichter ist für eine Drehstromleistung von 80 kW, 175 Hz, gebaut. Frequenz und Leistung können noch erhöht werden.

Viel beachtet wurde auch die ausgestellte Steuerung für einen Schweiß-Umrichter zum Anschluß an 50-Hz-Drehstromnetze und zur Erzeugung von Einphasen-Wechselstromleistungen von 5000 kW und mehr bei Frequenzen zwischen

4,9 und 17,6 Hz. Zum Schweißen großer Werkstücke werden Ströme von mehreren 100 kA benötigt. Die Erzeugung so großer Schweißströme für die Widerstandsschweißung stößt bei Wechselstrom von 50 Hz wegen der großen Leiterinduktivitäten auf erhebliche Schwierigkeiten. Die Erzeugung von Gleichströmen andererseits ist unwirtschaftlich wegen der niedrigen Spannungen. Als Ausweg bietet sich die Anwendung von Wechselstrom sehr niedriger Frequenz an, wie er mit einem Umrichter erzeugt werden kann. Das ausgestellte Steuergerüst gestattet, folgende Sekundärfrequenzen einzustellen: 17,6, 15,8, 13,1, 12,0, 10,3, 9,7, 5,1 und 4,9 Hz. Die Steuerung ist aus Elementen der BBC-Elektronik aufgebaut und wird durch eine Kombination von digitalen und analogen Bausteinen verwirklicht.

Thytrons (Glühkathodenröhren)

Bei den gesteuerten Industrieantrieben kleiner Leistung oder bei sonstigen zu steuernden Verbrauchern auf dem Industriegebiet spielt das Thyatron mit Quecksilberfüllung aus preislichen Gründen immer noch eine Rolle, um so mehr als eine weitere Leistungssteigerung zu beobachten war. Sehr beachtlich ist das auf dem BBC-Stand bei den Ionen-Röhren gezeigte Industrie-Thyatron TQ 2/50 für 50 A Gleichstrommittelwert bei einer Sperrspannung von 2000 V (Bild 5). BBC gibt an, daß durch die verwendete, bereits im vorigen Jahr erwähnte Quecksilber-Pille die Röhre auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen eine längere Lebensdauer als herkömmliche Röhren hat.

Halbleiter-Dioden für Starkstrom

Auf dem Gebiete der Selen-, Germanium- und Silizium-Gleichrichter, wie sie für Starkstromzwecke in Frage kommen, waren — soweit es sich um Gleichrichterzellen handelt — nur wenig neue Entwicklungen zu sehen. Die Standard Elektrik Lorenz AG (SEL), Stuttgart, hat ihre Arbeiten zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Selenplatten fortgesetzt. Bei ihren Hochtemperatur-Gleichrichterplatten, die bei einer Umgebungstemperatur von 120 °C noch

betriebsfähig sind, wurde die Nenn-Sperrspannung von 25 auf 30 V erhöht. Dadurch ergibt sich eine um 20 % erhöhte spezifische Leistung ohne Vergrößerung der Verluste. Selen-Gleichrichter behaupten sich auch heute noch bei Gleichspannungen von 50 bis 60 V.

Der Germanium-Gleichrichter für Lieferung von Gleichstrom niederer Spannung tritt gegenüber dem Silizium-Gleichrichter zurück, da seine Verwendung nur bei niedrigen Spannungen zwischen etwa 30 und 80 V gegenüber Selen- und Silizium-Gleichrichtern wirtschaftliche Vorteile bietet. Um diese Vorteile auszunutzen, hat die AEG die Fertigung der Germanium-Dioden weiterhin beibehalten. Die technischen Kenngrößen der für Starkstromzwecke in Frage kommenden Diode Ge 100 sind bei Selbstkühlung 30 A Gleichstrommittelwert und bei verstärkter Kühlung durch Lüfter 100 A.

Auf dem Gebiete der Silizium-Gleichrichter fiel all-

gemein die seit vorigem Jahr stark zugenommene Anwendung von Silizium-Dioden auf. Doch war eine Erhöhung des Nennstromes über 200 A bei den deutschen Firmen AEG, BBC und SSW und auch bei der französischen Firma Le Matériel Electrique S-W, Paris, nicht festzustellen. Die betriebsmäßigen Sperrspannungen liegen weiter bei etwa 600 V. Wenn höhere Werte angegeben wurden, handelte es sich meist um Prüfspannungen.

Eine Ausnahme bilden die auf dem Stand der Dr.-Ing. Jovy GmbH, Leer (Ostfriesland.), gezeigten Silizium-Gleichrichterzellen der amerikanischen Firma Tarzian, die neuerdings den Bereich ihrer luftgekühlten Silizium-Dioden bis 350 A erweitert hat, allerdings nur bis zu einer Sperrspannung von 200 V, während alle Dioden für kleinere Ströme für eine Sperrspannung von 600 V bemessen sind. Erwähnt sei noch die einzige auf der Messe festgestellte wassergekühlte Diode für 1000 A bei einer Sperrspannung von 200 V.

Zur Abrundung des Gebietes der Silizium-Zellen seien noch die auf dem Stand von Jovy gezeigten Silizium-Hochspannungsgleichrichterzellen der Firma Sarkes Tarzian in Patronenform erwähnt. Für diese werden Sperrspannungen von 1500 bis 16 000 V bei einem mittleren Gleichstrom von 45 bis 75 mA angegeben. Solche Gleichrichter sind für die Bestückung von Hochspannungsgleichrichteranlagen, z. B. Staubfilteranlagen, geeignet.

Halbleiter-Trioden (Silizium-Thytrons, Thyristoren)

Wesentlich häufiger sah man in diesem Jahre gesteuerte Silizium-Gleichrichter. Nachdem im vorigen Jahre von der AEG und der SEL Silizium-Trioden nur für kleine Ströme von 15 und 20 A und ihre Anwendung bei kleinen Motorantrieben sowie für Ladebetrieb gezeigt wurden, erweckte eine in diesem Jahr von BBC mit Silizium-Leistungsthyatron bezeichnete Silizium-Triode (Bild 6) für eine Stromstärke von 130 A bei einer betriebsmäßigen Spitzensperrspannung von 300 V infolge des großen Entwicklungssprunges größtes Interesse, um so mehr als diese Trioden auch in einem Stromrichterantrieb im Betrieb vorgeführt wurden. Es ist zu erwarten, daß die Silizium-Halbleitertriode einen sehr ersten Konkurrenten für den Transduktor-Antrieb darstellen wird, wenn erst einmal Betriebserfahrungen vorliegen. Die in diesem Jahr erstmalig erreichte Stromstärke von 130 A erschließt bereits ein weites Anwendungsgebiet.

Gesteuerte Silizium-Gleichrichter sah man außerdem auf dem Stand der AEG, wo neben der schon im Vorjahr gezeigten 15-A-Triode eine 100-A-Triode ausgestellt war (Bild 7). Die auf dem Stand der Standard Elektrik Lorenz (SEL) gezeigten Silizium-Trioden waren für Ströme von 10 bis 25 A bemessen.

Halbleiter-Gleichrichteranlagen

Selen-Gleichrichter

Auf dem Gebiete der Selen-Gleichrichteranlagen sind keine neueren Entwicklungen zu erkennen. Die wesentliche Anwendung bleibt die Stromversorgung von galvanischen Anlagen.

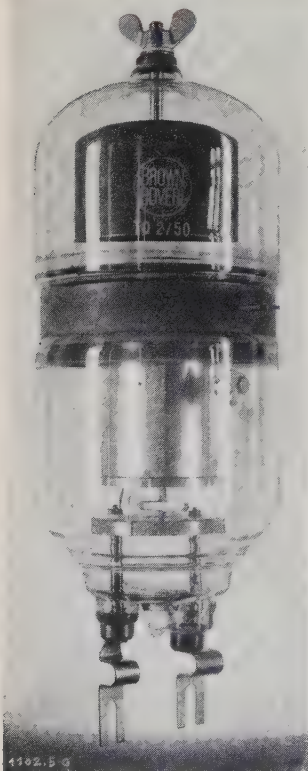


Bild 5. Thyatron für 50 A Nennstrom, maximale Sperrspannung 2000 V.

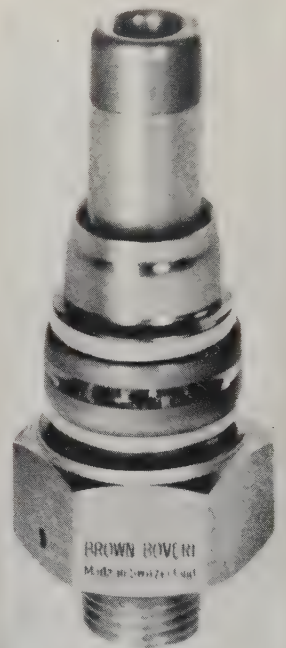


Bild 6. Silizium-Thyatron für 130 A, maximale Sperrspannung 300 V.

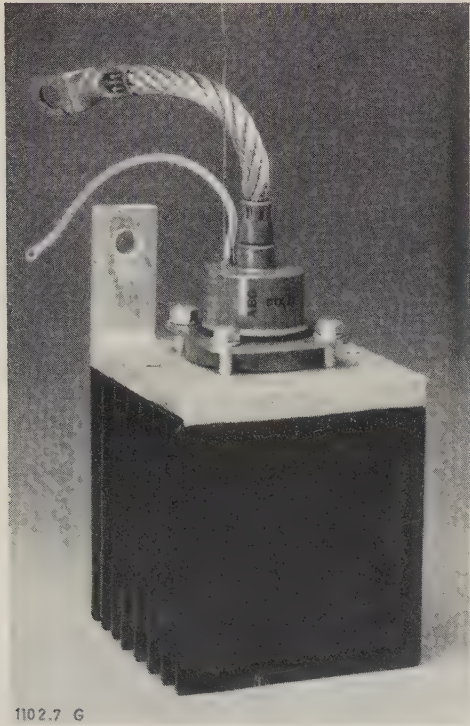


Bild 7. Steuerbare Silizium-Zelle für 100 A mit Kühlkörper.

Die Langbein-Pfannhauser Werke AG, Neuß a. Rh., gibt als Fortschritt die vollkommene Automatisierung in der Galvanotechnik an. Ein solches Gerät für 2000 A, 8 V, war ausgestellt.

Die Firma Autola Stromrichter-Gerätewerk Paul Lattermann, Hannover-Wülfel, hat eine Zusatzeinrichtung für ihre Galvanik-Gleichrichter entwickelt, mit der es nach Angabe der Autola erstmalig möglich geworden ist, die Stromdichte an einer beliebigen Stelle des Elektrolyten im Bad konstant zu halten. Die Einrichtung wurde erstmalig auf der diesjährigen Messe zusammen mit einem Galvanik-Gleichrichter für 10 kA, 8 V gezeigt (Bild 8).

Interessant war auf dem Stand der AEG ein Selen-Kleingleichrichter mit gedruckter Schaltung für ein Konstantspannungs-Puffergerät (Bild 9).

Bei den Schnelladegeräten waren einige Vervollkommnungen in Richtung einer besseren Überwachung des Batteriezustandes zu sehen. Die Firma Heinrich Schrieber, Gleichrichter- und Apparatebau, Bremen, zeigte ihre den Arbeitsbedingungen im Schweißbetrieb angepaßten klimageschützten Selen-Gleichrichtersätze. Sie vermeidet mit dieser Ausführung die sonst übliche Ölkühlung.

Einen sehr beachtenswerten Selen-Gleichrichter für 20 kA, von 0 bis 5 V kontinuierlich geregelt, für eine Rohrschweißmaschine sah man auf dem Stand der Hugo Miebach GmbH, Dortmund. Gleichrichter und Transformatoren sind in ein Gerüst mit natürlicher Abstrahlung der Verlustwärme eingebaut.

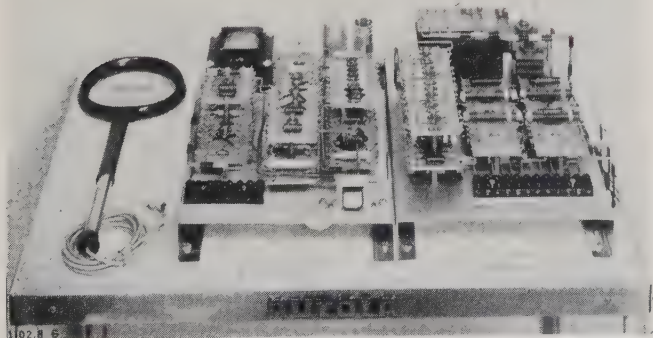


Bild 8. Meßeinrichtung für Stromdichte-Konstanthaltung in galvanischen Bädern in Verbindung mit motorisch ferngesteuerten, stufenlos verstellbaren Gleichrichtern.

Silizium-Gleichrichter

Auf dem Stand von BBC war der Hauptanziehungspunkt ein mit gesteuerten Silizium-Gleichrichtern ausgerüsteter Umkehrantrieb. Als Vorführmodell diente ein Gleichstrommotor mit 20 kW Leistung von besonderer Bauart für Reversierantriebe mit geringem Schwungmoment. Er wird über eine Stromrichteranlage mit 2×3 Silizium-Leistungsthyratrons von je 130 A Nennstrom in Gegenparallel-Mittelpunktschaltung gespeist. Als besonderer Vorzug der entwickelten Steuer- und Regeleinrichtung wird der kreisstromfreie Betrieb der Schaltung angegeben, wodurch schnellste Momentenumkehr und Momentenänderung einwandfrei erzielt werden (Bild 10).

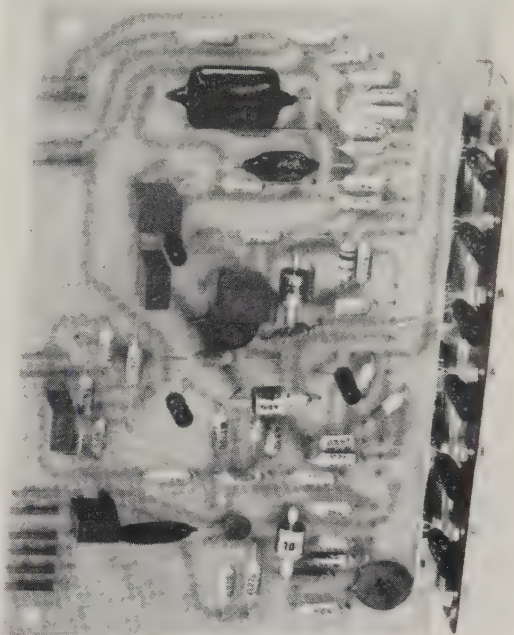


Bild 9. Selen-Kleingleichrichter auf einer Transistorreglerplatte mit geätzter Schaltung als Konstantspannungs-Puffergerät.

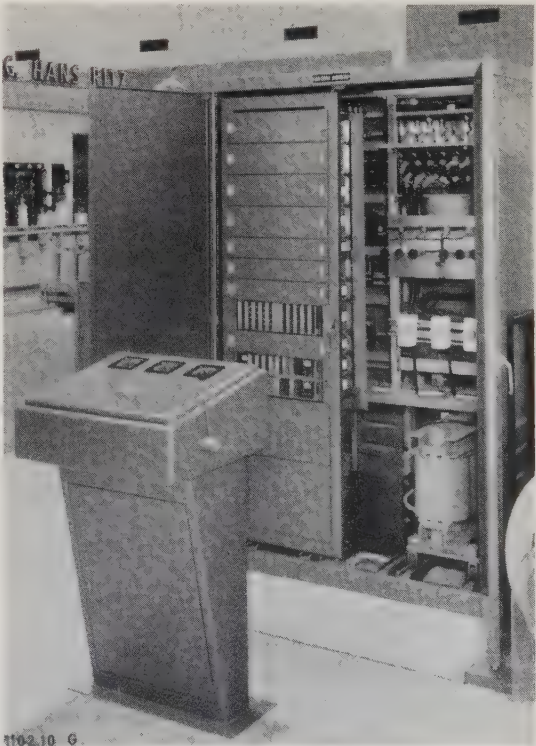


Bild 10. Gesteuerter Silizium-Stromrichter für 300 A, 110 V, in Antiparallelschaltung, komplett mit Regler und Speisetransformator für motorische Antriebe.

Auch für das kleinere Silizium-Thyratron von 15 A war auf dem BBC-Stand ein Anwendungsbeispiel im Betrieb zu sehen. Das im Betrieb vorgeführte Gerät ist als Helligkeitssteuergerät Controlux bezeichnet. Es ist zur Verwendung in Beleuchtungsanlagen bis 10 kW, 220 V, gedacht (Bild 11).

Der Bedeutung der Silizium-Gleichrichter für Elektrolyse-Großanlagen entsprechend war auf dem BBC-Stand außerdem ein Silizium-Gleichrichterschrank als Baustein für Großanlagen ausgestellt. Seine technischen Kenngrößen sind: Nennleistung 2200 kW, Nenn-Gleichstrom 10 kA, Nenn-Gleichspannung 220 V in Saugdrosselschaltung, Gewicht

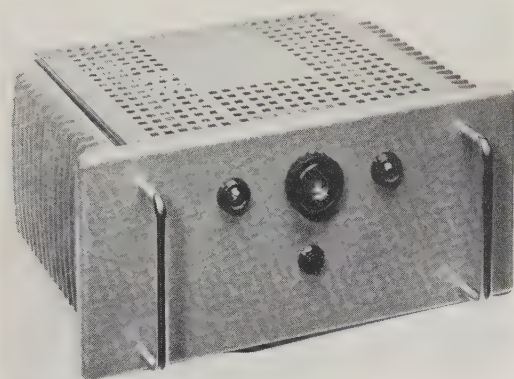


Bild 11. Lichtsteuergerät „Controlux“ für 10 kW, 220 V, mit Silizium-Thyratrons.

rd. 1100 kg. In dem Schrank sind 72 Dioden für je 200 A Mittelwert eingebaut, von denen 24 je Zweig parallelgeschaltet sind. Gegen innere Kurzschlüsse und Überströme sind jeder Diode schnelle Spezialsicherungen vorgeschaltet, deren Charakteristik der Überlastkennlinie der Diode weitgehend angepaßt ist. Kühleinrichtung, Überwachungs- und Schutzeinrichtungen sind mit in den Schrank eingebaut. Bemerkenswert ist die Verwendung von Leichtmetall für alle Rahmenteile und Türen, wodurch das geringe Gewicht erzielt wurde.

Auf dem Stand der SSW war ein Silizium-Lokomotiv-Gleichrichtersatz für 1500 kW, 1100 A bei 1360 V zu sehen. Als Wirkungsgrad bei 800 A werden 99,3 % angegeben. Der Lokomotiv-Gleichrichter hat zusammen mit den eingebauten Schutzeinrichtungen eine zylindrische Bauform und ist mit dem Fahrmotoren-Lüfter zusammengebaut. Für eine 50-Hz-Lokomotive üblicher Bauart sind sechs solche Gleichrichter

Stromspitze im Bahnbetrieb beträgt 1150 A bei etwa 1200 V. Der Gleichrichterblock besteht aus 144 Dioden, d.h. 36 in jedem der vier Brückenarme. Auch für Hochleistungsanlagen zur Stromversorgung von Elektrolysen hat die gleiche Firma als Beispiel aus ihrer Fertigung einen Silizium-Gleichrichterschrank für 6000 A bei 330 V ausgestellt. Die Bedeutung der S-W-Silizium-Gleichrichter zeigt sich nach Angaben der Firma in der bisherigen Lieferung von fast 2 Millionen Ampere Silizium-Dioden.

Auf dem Stand der SEL war das Raumproblem von Halbleitergleichrichteranlagen graphisch dargestellt. Danach war der Raumbedarf für Halbleiteranlagen desselben Verwendungszweckes von 100 % im Jahre 1958 auf etwa 25 % im Jahre 1961 zurückgegangen. Ausgestellt waren dort zwei Geräte mit gesteuerten Silizium-Gleichrichtern, ein Gleichrichtergerät zur Speisung von Fernsprechanlagen für 60 V, 10 A, mit Transistorregler für drei verschiedene Kennlinien (Bereitschaftsparallelbetrieb, Ladebetrieb, Handregelung), wobei die Strombegrenzung bei 11 A einsetzt, während das zweite Gerät für einen Strom von 25 A bei 60 V ausgelegt ist. Hierbei wurden als auszuregelnde Störgrößen $\pm 10\%$ Netzspannungsschwankungen, 46 bis 63 Hz Netzfrequenzschwankungen und Belastungsänderungen von 5 bis 100 % des Nennwertes angegeben.

Die Firma Dr.-Ing. 'Jovy hat für Bogenlampen hoher Leistung, beispielsweise Atelier-Scheinwerfer, bei denen es auf eine besondere Konstanzhaltung des Stromes ankommt, einen Gleichrichter „Fortima 225“ mit Silizium-Dioden für 225 A Nennleistung entwickelt. Der Gleichrichter kann in zwei Einheiten zerlegt werden, so daß er leicht transportabel ist.

Zum Abschluß seien noch einige bemerkenswerte Silizium-Gleichrichter beschrieben, die von den stromrichterbauenden Firmen als Übergang vom Selen- zum Silizium-Gleichrichter ausgestellt waren. Die Gleichrichter selbst sind von den die Dioden herstellenden Firmen bezogen. Sehr ansprechend war ein aufgebauter Silizium-Gleichrichterschrank der Miebach GmbH für Elektrolysebetrieb mit 4000 A bei 150 V zum Anschluß an 380 V Drehstrom. In der Brückenschaltung sind 14 Dioden parallelgeschaltet, für die Spannung war eine Diode je Zweig ausreichend.

Die Firma Autola hat ihr ganzes Netzgleichrichterprogramm auf Silizium-Gleichrichter von 1 A bis 240 A bei Spannungen bis 220 V umgestellt. Ausgestellt war ein voll transistorisch geregelter Netzgleichrichter für 5,6 kW zum Anschluß an $3 \times 380 \text{ V} \pm 5\%$ für ein Gleichstromnetz mit 28 V, Stromstärke Null bis 200 A, Spannungstoleranz $\pm 1\%$, Restwelligkeit 0,4 % und mit einer Ausregelzeit von maximal 1 ms.

Die Firma Heinrich Schrieber ist mit ihren Netzgleichrichtern für höhere Spannung ebenfalls zum Silizium-Gleichrichter übergegangen. Es waren Silizium-Netzgleichrichter für eine Gleichspannung von 220 V und 1600 A Dauerstrom, kurzzeitig überlastbar bis 2750 A, ausgestellt. Die Anlage ist in Sechspuls-Saugdrosselschaltung ausgeführt. Bemerkenswert ist, daß sie keine Fremdbelüftung hat. Auf dem Stand war weiter ein Mehrstellen-Schweißgleichrichter mit Silizium-Dioden für 8 bis 15 Schweißplätze und für Ströme von 100 bis 200 A sowie mit einer Leerlaufspannung von 50 V zu sehen.

Die Frako GmbH, Teningen, die Ladegeräte und Stromversorgungsanlagen für die Bundespost liefert, führt heute solche Geräte ebenfalls mit Silizium-Gleichrichtern aus. Auffallend in seinen kleinen Abmessungen ist ein IU-Lader für 80 V, 100 A, in Saugdrosselschaltung mit sechs gesteuerten Silizium-Zellen. Zur Steuerung dient hier ebenfalls ein Transistor-Steuersatz. Zu beachten waren weiter zwei elektronisch und magnetisch geregelte Ladegeräte mit Silizium-Gleichrichtern, das eine für 12 V, 100 A, umschaltbar auf 24 V, 50 A, für die Ladung von Blei- und Nickelzellen und das andere für die Anodenstromversorgung von Verstärkern der Bundespost mit IU-Kennlinien für 210 bis 310 A. Auch hier wird von der Automatik weitgehend Gebrauch gemacht. Die Bausteine für die Steuer- und Regeltechnik wurden ebenfalls von der Frako entwickelt.

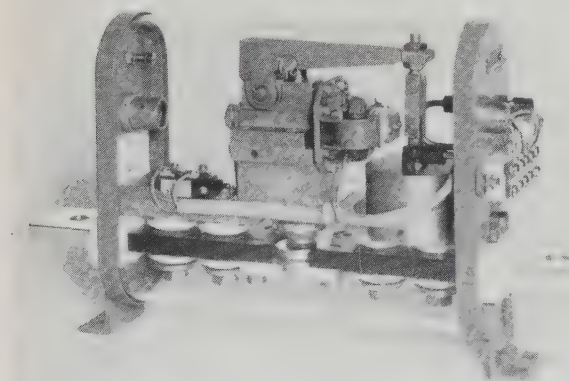


Bild 12. Schnelltrenner für den Schutz von Silizium-Lokomotivgleichrichtern, maximale Betriebsspannung 1500 V, Nennstrom 1000 A.

notwendig. Weiter war auf dem Stand von SSW ein neu entwickelter Schnelltrenner SST/I/1000 zum Abtrennen von Silizium-Gleichrichtern in Störungsfällen zu sehen (Bild 12).

Auch die französische Firma Le Matériel Electrique S-W, Paris, zeigte ein Schnittmodell von einem Silizium-Gleichrichterblock, wie er in dem Schnelltriebwagen Z 9057 der französischen Staatsbahnen eingebaut ist. Als Dauerleistung des Blockes werden 680 kW angegeben. Die maximale

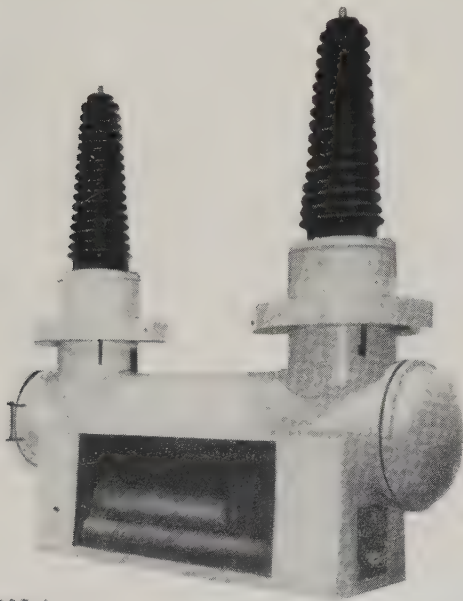
Schaltgeräte, Schaltanlagen und Leistungskondensatoren

Von Botho Fleck, Erwin Maass und Heinz Raabe, Frankfurt a. M.*)

DK 621.316.5+621.319.4 : 061.4(43-2 27) "1961"

Hochspannungsschaltgeräte

Eine völlig neue Leistungsschalterkonstruktion für den ganzen Bereich der hohen Spannungen ist der sogenannte SF₆-Schalter der Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh (USA), von dem einige Ausführungen in den USA schon seit einigen Jahren in Betrieb sind. Der Pol eines derartigen Schalters für 220 kV (Bild 1) war bei den Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi SA (ACEC), Marcinelle-Charleroi (Belgien), zu sehen, die diese Schalter in Lizenz bauen. Der SF₆-Schalter nutzt die besonderen elektrischen Eigenschaften des Schwefelhexafluorid-Gases (SF₆) aus, das in dem Schalter mit 2 atü Überdruck für Isolation und mit 14 atü für die Löschung verwendet wird. Die waagerechte Anordnung des geerdeten Behälters vermindert die Höhe des Schalters beträchtlich gegenüber einem entsprechenden Ölkesselschalter, ohne auf den Vorteil aufgesetzter Durchführungen (zugleich Strom und Spannungswandler) zu verzichten.



1095.1 K

Bild 1. Pol eines SF₆-Leistungsschalters, Typ 220 Dvx, 220 kV, 1200 oder 2000 A, 15 GVA, 3 Unterbrechungsstellen, Gewicht 4000 kg.

Die Concordia GmbH, Stuttgart, zeigte als Lizenznehmerin der Sprecher & Schuh AG, Aarau, den Pol eines 220-kV-Ölstrahlschalters mit 6 Unterbrechungsstellen für 10 GVA (Einzelantrieb des Pols). Dieser Schalter überträgt das im Hochspannungs-Druckluftschalterbau so erfolgreiche Prinzip der Vielfachunterbrechung in eindrucksvoller Weise auf den ölarmen Schalterbau, auch in der Art der baulichen Aneinanderreihung gleicher Schaltelemente.

Ofentransformatoren für sehr große Lichtbogen-Stahlschmelzöfen werden neuerdings unmittelbar an 110 kV angeschlossen. Hierfür verwendet Brown Boveri & Cie AG (BBC), Mannheim, einen einpoligen 110-kV-Druckluftschallschalter, 3000 MVA, in Spezialausführung als Ofenschalter mit sehr hoher Schaltheufigkeit und zugleich hoher Schaltzahl.

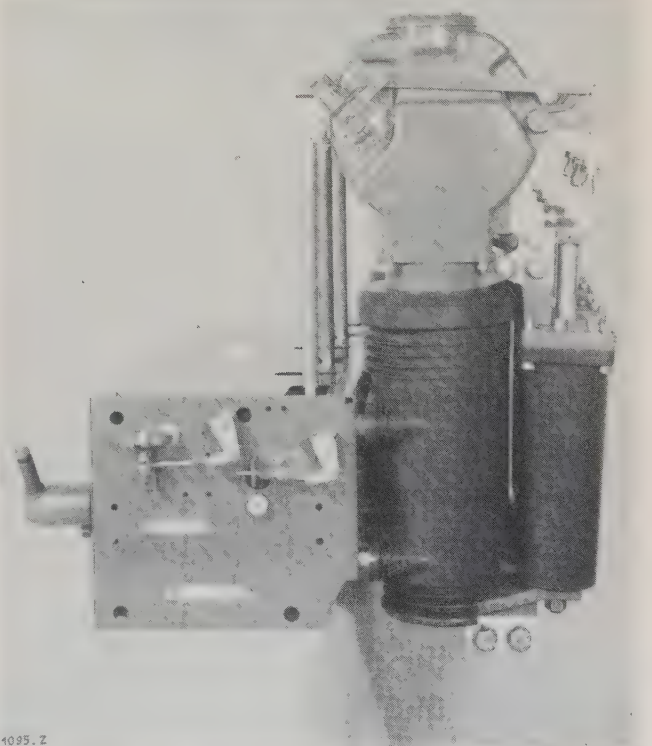
*) Oberingenieur B. Fleck (Bearbeiter des Abschnitts Schaltanlagen) und Dipl.-Ing. E. Maass (Bearbeiter des Abschnitts Schaltgeräte) sind Abteilungsdirektoren der Continental Elektroindustrie AG, Voigt & Haeffner, Frankfurt a. M.; Ing. H. Raabe (Bearbeiter des Abschnitts Leistungskondensatoren) ist Planungsingenieur der AEG in Frankfurt a. M.

Der Einpunkttrenner von Merlin & Gérin, Grenoble (Frankreich), für 420 kV, 1250 A ist im unteren Teil gekennzeichnet durch zwei breit gestellte Tragstützer mit 400 kg Umbruchskraft und einen leichten Drehisolator mit elektrischem Antrieb (jeder Pol hat völlig getrennten Antrieb) und im oberen Teil durch eine halbe Schere aus zwei glatten Rohren.

Bei dem von der Firma Forges & Ateliers de Constructions Electriques de Jeumont, Paris, gezeigten neuen ölarmen Freiluftschalter in Säulenbauform für 72,5 kV, 800 A, 2500 MVA, stellt der ölhydraulische Arbeitszylinder in baulich einfachster Form den unteren Teil der Säule dar. Der Isolatorüberwurf des oberen Teils mit spiralförmigen Schirmen (SPIRELEC) ist von der Compagnie Générale Electro-Céramique, Paris, hergestellt. Diese Schirmbauweise sieht man jetzt auch bei vielen anderen Freiluftisolatoren französischer Herkunft.

Die Anwendung von Gießharz macht im Bau von Mittelspannungsschaltern weiter große Fortschritte. Die Siemens-Schuckertwerke AG (SSW), Berlin, zeigten einen neuen ölarmen Innenraum-Expansionsschalter für 6 und 10 kV (Bild 2), bei dem die Isoliergefäße der Schalterpole aus Gießharz seitlich unmittelbar an das Schaltergehäuse angeschraubt sind, wodurch eine niedrige Bauweise ermöglicht wird.

Die großen Möglichkeiten des Gießharzes nutzt sehr weitgehend die Calor-Emag Elektrizitäts AG, Ratingen, bei einem neuen Spezial-Ölströmungsschalter aus (Bild 3). Hier sind die drei Schalterpole zu einem gemeinsamen kastenartigen Schalterblock aus Gießharz vereinigt, dessen Abmaße zugleich für 10 und für 20 kV ausreichen (Polmittenabstand 150 mm). Auf diesem Block sind unmittelbar die ebenfalls kastenartig geformten, völlig gießharzisolierten Strom- und Spannungswandler aufgeschraubt. Dadurch



1095.2

Bild 2. Ölarmen Innenraum-Expansionsschalter, Typ H 512, 6 und 10 kV, 630 A, 250 MVA (bei 1250 A: Parallelstrombahn).

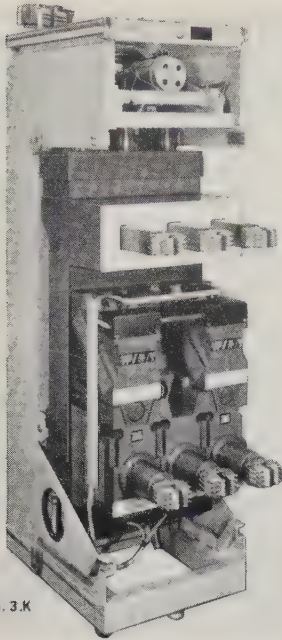


Bild 3. Ölströmungsschalter Typ R 20 im Schaltwagen, Schalterantrieb oben, 3 Stromwandler unten und 2 Spannungswandler in der Mitte des Schalters.

1095.3 K

wird ein Schaltfeld von außerordentlich geringer Breite ermöglicht. Der Schalter hat für Reihe 10 N bis zu 500 MVA und für Reihe 20 N bis zu 750 MVA Ausschaltleistung. Bemerkenswert ist auch ein neuer 10-kV-Schalter, 600 MVA, dieser Firma in der bisherigen Standardbauweise, aber mit Polgehäuse und Tragplatte aus Gießharz, der 3000 A Nennstrom hat, jedoch ohne parallele Strombahn auskommt.

Die Sachsenwerk Licht- und Kraft-AG, München, hat ihre Reihe ölarmen Strömungsschalter um einen Schalter 6 kV, 400 MVA, für 2500 A erweitert, der für die Führung des Dauerstroms neben den Löschkammern parallele Strompfade vorsieht, die aber unmittelbar von der Schalterwelle betätigt werden.

Bei den Lasttrennschaltern werden bei der Felten & Guillaume AG (F & G) Carlswerk, Köln, die schon im vorigen Jahr für Reihe 10 und 20 gezeigten Kipprohrlastschalter jetzt auch für Reihe 30 gebaut. Auch die Concordia stellte für Reihe 30 eine ähnliche Konstruktion für etwa 600 A Ausschaltstrom aus.

Niederspannungsschaltgeräte

Ganz allgemein ist zu bemerken, daß wie jedes Jahr so auch diesmal viele Firmen von den von ihnen in der letzten Zeit neu konstruierten Schaltgeräte-Reihen (Leistungsschalter, Schütze, Lastschalter usw.) neu hinzugekommene Typengrößen zeigten, die meist diese Reihen nach oben hin erweitern und umfangreiche Entwicklungsarbeiten erforderlich gemacht haben. Ein Teil der Hersteller steigerte bei Leistungsschaltern für Abgänge, also mit Nennströmen von 1000 A und darunter, die bisher üblichen Kurzschluß-Ausschaltströme auf 50, 70, ja 100 kA. Bei den Ateliers de Constructions Electriques de Delle, Saint-Quentin, war ein als Abgangsschalter bestimmter sogenannter „Begrenzungs-Leistungsschalter“ zu sehen, der vermöge seiner sehr kurzen Eigenzeit Kurzschlußströme „begrenzt“ und so Ströme bis zu 100 kA zu schalten vermag (Bild 4). Bei hohen Einschaltströmen kommt bei einigen Leistungsschalterkonstruktionen die Schnelleinschaltung in Anwendung.

Bei herausziehbaren Leistungsschaltern für blechgekapselte Anlagen hat der Anlagenbau Schwierigkeiten mit der Genauigkeit, die der Einbau der zum festen Teil der Anlage gehörigen Teile der Steckkontakte, der Verriegelungen und der Führung verlangt. Bei der Continental Elektroindustrie AG Voigt & Haefner (Conti-Elektro V & H), Frankfurt a.M., setzt man daher den Schalter in einen Ein-

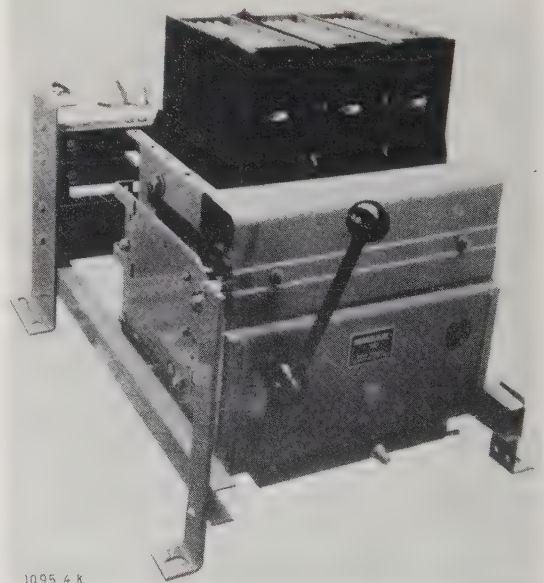
schubrahmen, der diese Bauteile aufnimmt und selbst in einfachster Weise im Gerüst montiert werden kann.

Die Steuerungstechnik erfordert immer vielseitiger veränderbare Kontaktbesetzungen bei kleinen Schützen. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), Neumünster, rüstet ein derartiges Schütz für 10 A mit je fünf Schaltgliedern in zwei Etagen aus, so daß ein zehnpoliges Schütz mit einer Breite von nur 61 mm entsteht.

In Programmsteuerungen mit Luftschützen mit einer Vielzahl voneinander abhängigen Ablaufvorgängen wird zunehmend verlangt, daß sich nach einem ungewollten Spannungsabfall die zuletzt vorhandene Programmstufe sofort wieder einstellt. Im vergangenen Jahr hatte u.ä. auch für diesen Zweck die E. Schrack AG, Wien, eine Reihe von sogenannten „Remanenzschützen“, auch „magnetisch verklinte Schütze“ genannt, auf der Messe gezeigt, die — ohne Halteerregung — durch ein remanentes Magnetfeld auch bei völligem Wegbleiben der Spannung in der Einschaltstellung gehalten werden. Diese Geräte verbrauchen außerdem in der Einschaltstellung weder Halteenergie, noch verursachen sie Geräusch. Eingeschaltet wird durch Gleichstromimpuls über Gleichrichter, ausgeschaltet durch Wechselstromimpuls, der den Magnetismus aufhebt. Bei den SSW, die ähnliche Geräte in „Spezialausführung“ seit langem bauen, war diesmal eines zu sehen, das aus einem auf einen Sockel gesetzten „normalen“ 10-A-Kleinschütz besteht. Der Sockel nimmt die erforderlichen zusätzlichen Bauteile auf.

Halbleiter-Gleichrichteranlagen brauchen — neben sehr schnellen Sicherungen zum selektiven Schutz der Halbleiterelemente gegen innere Kurzschlüsse — auch ungemein schnell arbeitende Schalter für äußere Kurzschlüsse. Die AEG hat daher zu ihrem normalen Gearapid-Gleichstrom-Schnellschalter mit Schlagankerauslöser ein anbaubares Zusatzgerät geschaffen, das einen elektrodynamischen Schnellstauslöser enthält. Damit wird der Ausschaltverzögerung des Schalters von 3 bis 4 ms auf 0,3 bis 0,6 ms herabgesetzt, so daß schon nach dieser ungemein kurzen Zeit die Begrenzung des Kurzschlußstromes beginnt. Der Schnellstauslöser besteht im wesentlichen aus einer Impulsspule mit eng gekoppeltem Kurzschlußring, über die sich eine Kondensatorbatterie entlädt.

Infolge der zunehmenden Bedeutung, die Fehlerstrom-Schutzschalter besonders in der Landwirtschaft finden, haben Firmen wie die SSW, F & G und die Paris und Co mbH KG,



1095.4 K

Bild 4. Ausziehbarer Begrenzungs-Leistungsschalter Typ DLS, 500 V, 640 A, für 100 kA Ausschaltstrom bei $\cos \varphi = 0,1$.

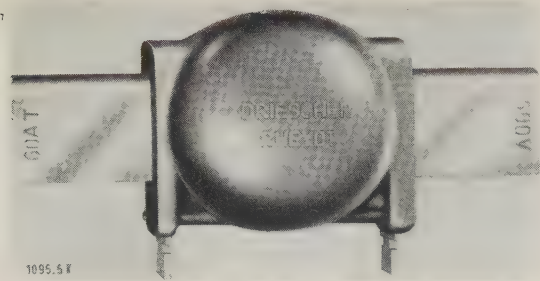


Bild 5. NH-Sicherungspatrone, Typ Epomat 61, Gr. 2.

Schalksmühle (Westf.), die Stufen der Nennströme und die Ausschaltströme derartiger Geräte erhöht und die Ansprechwerte noch herabgesetzt (unter 1 A).

Völlig neu gestaltet wurde die NH-Sicherungspatrone bei der Firma Fritz Driescher, Rheydt, durch einen kugelförmigen Hohlkörper aus Gießharz (Bild 5), wodurch metallene Stirnkappen und alle Schraubverbindungen wegfallen.

Bemerkenswert ist, daß verschiedene französische Hersteller von Installationsgeräten jetzt für den Haushalt Schmelzsicherungen für 6 bis 60 A in der Bauweise von Patronensicherungen herstellen, die in Frankreich bisher nur in der Industrie gebräuchlich waren, während im Haushalt die Schmelzsicherungen mit Lötstiften vorherrschten.

Hochspannungsschaltanlagen

Offene Innenanlagen haben in der Praxis ihre Bedeutung behalten, eignen sich aber zur Ausstellung auf einer Messe nur bedingt und waren daher, abgesehen von zwei Zellen mit Lignat-Trennwänden bei F & G nicht vertreten. Das gleiche gilt für Freiluftanlagen der höheren Spannungsreihen. Dem Zuge der Zeit entsprechend wurden fast nur fabrikfertige Anlagen, d. h. Mittelspannungsanlagen für die Reihen 10 bis 30 nach dem Bausteinprinzip ausgestellt. Je nach Umfang und Bedeutung der Anlage waren fest eingebaute Geräte — besonders Trennschalter, Last- und Leistungstrennschalter sowie Sicherungen — zu finden oder ausziehbare Geräte, bevorzugt Leistungsschalter. Die gekapselten Einheiten werden in Innenanlagen oder bei entsprechend konstruktiver Ausbildung im Freien aufgestellt. Charakteristisch für die diesjährige Messe war das Vordringen der Gießharz-Isolation, die Verkleinerung der Abmessungen und die Weiterbildung des Bausteinprinzips.

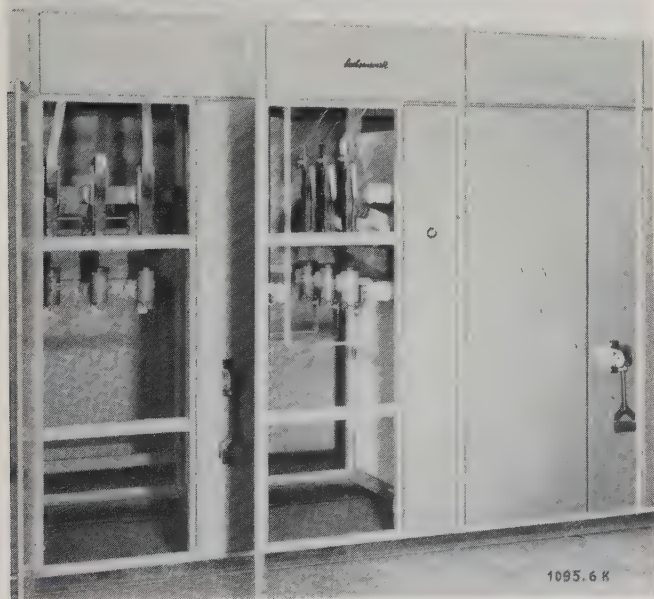


Bild 6. Fabrikfertige Hochspannungsschaltfelder der Reihe 10 bzw. 20 mit Lignat-Zwischenwänden.

Hochspannungsschaltanlagen mit fest eingebauten Geräten

Einfache Schalteinheiten in Stahlblechkonstruktion nach dem Baukastensystem, z. B. für eine Kabelschleife für 6 bis 20 kV und einen oder mehrere Transformatoren, geeignet für Montage in engen Räumen, Kellern usw., waren u. a. bei den Firmen Concordia, Driescher, F & G und Sachsenwerk zu sehen, zum Teil mit Lignat-Zwischenwänden (Bild 6). Als Schaltgeräte dienten meist Lasttrennschalter und Sicherungen. An Stelle von Porzellanisolatoren waren vielfach Gießharzisolatoren zu sehen. Die Gießharzführung der Firma Hazemeyer N. V., Hengelo (Holland), die im Messebericht 1959 bereits abgebildet war¹⁾, ist durch eine Blechverkleidung sowie Bedienbarkeit der einpoligen Schaltgeräte und Sicherungen von außen, schließlich durch eine Schnellschaltvorrichtung den VDE-Vorschriften wesentlich näher gekommen.

Netztransformatoren-Stationen zur Aufstellung im Freien waren in bekannter Ausführung bei der Firma Driescher ausgestellt. Ferner zeigte die Cie de Construction de Gros Matériel Electro-Mécanique (Cie Electro-Mécanique), Paris, eine 17,5-kV-Station mit eingebautem 63-kVA-Transformator, die Firma Delle ihren „NORMABLOC N“ für die



Bild 7. Schwerpunkt-Transformatorstation der Reihe 10 mit 100-kVA-Transformator mit Stickkabelanschluß.

gleiche Spannung mit weitgehenden Verriegelungen. Auch der „DISTRIBLOC“ der Firma Forges & Ateliers ist hier zu nennen.

Schwerpunkt-Stationen zur Aufstellung in gedeckten Räumen unterscheiden sich von den vorgenannten Formen, abgesehen von der Kapselung, meist dadurch, daß der unter Umständen modifizierte Transformatorkasten nicht verkleidet ist. Ein typisches Beispiel zeigt Bild 7. Die SSW stellten hierfür einen 100-kVA-Transformator der Reihe 10 mit angebauten Hoch- und Niederspannungsschaltanlagen vor. Die Station hat Stick-Kabelanschluß und einen Sicherungstrenner mit Löschtaschen zur Schaltung des leer laufenden Transformators auch bei kleiner Schaltgeschwindigkeit.

Hochspannungsschaltanlagen mit ausziehbaren Geräten

Für Reihe 10 und 20 wurden Schaltwageneinheiten in trennerloser Ausführung für Anlagen mit einem Sammelschienenensystem gezeigt. Für Anlagen mit Doppelsammelschienen setzt sich die Verwendung von zwei gleichen Schalteinheiten nach dem Zweileistungsschalter-Verfahren

1) ETZ-A Bd. 80 (1959) S. 367, Bild 5.

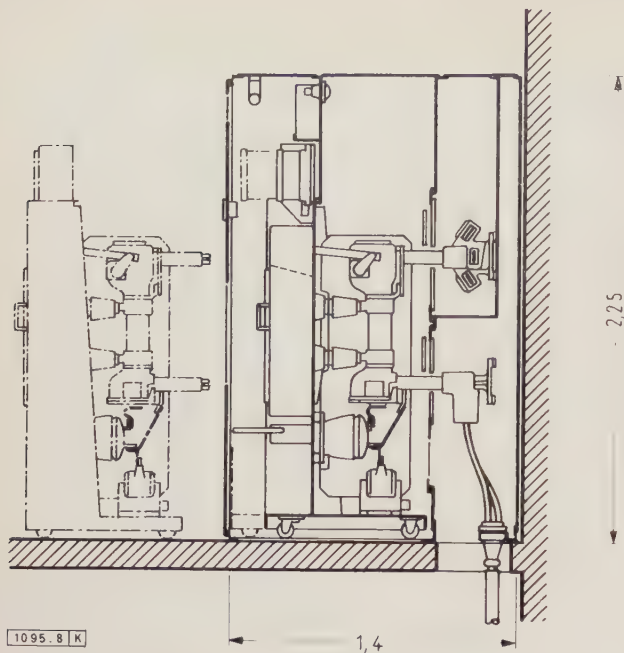


Bild 8. Schaltwagenanlage der Reihe 10, 400 MVA, mit gießharzisierten Sammelschienen und Gießharzhalterungen (Schnitt).

immer stärker durch (Calor-Emag, V & H). Die „ISO-COMPACT“-Konstruktion der Calor-Emag²⁾ hat bei Reihe 10 wie bei Reihe 20 die sehr kleine Felderteilung von 550 mm, eine Lösung, die durch weitgehende Verwendung von Gießharz und Spezialgeräten möglich geworden ist (Bild 3). Conti Elektro V & H ist bei Gießharzisolierung der Sammelschienen und Abzweige bei Reihe 10 je nach der Abschaltleistung bei einer Felderteilung von 800 bzw. 900 mm geblieben, um normale Geräte verwenden zu können und die Montage zu vereinfachen (Bild 8). Die Sammelschienenisolation besteht bei Calor aus PVC, bei V & H aus Gießharz.

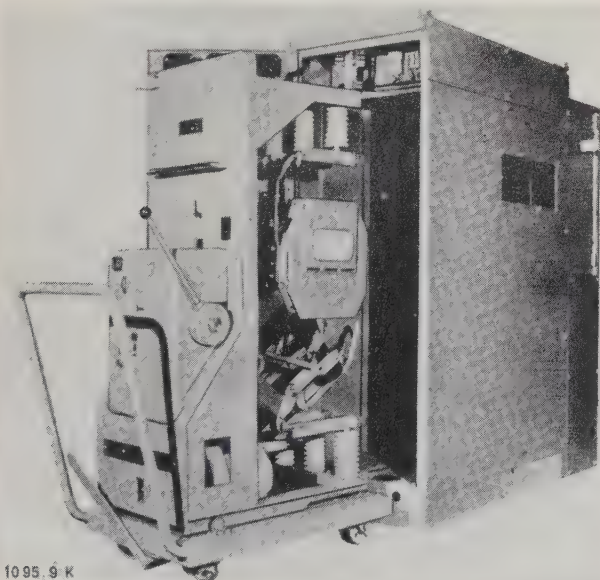


Bild 9. Schaltwagenanlage Typ PREBLOC mit ausziehbarem Magnetblasschalter.

Die eingebauten Leistungsschalter waren bevorzugt ölarme Schalter, teilweise Magnet-Blasschalter (z. B. ACEC und Société Générale de Constructions Electriques et Mécaniques [Alsthom], Paris). Die Firma Delle nennt ihre ausziehbaren Schaltzellen mit weitgehender Benutzung von Gießharz „NORMABLOC ND“. Auf dem Stand von Merlin & Gérin

²⁾ Vgl. ETZ-B Bd. 13 (1961) H. 7, S. 166–172.

waren vergleichbare Konstruktionen für 17,5 kV bei 650 mm Breite unter der Bezeichnung „PREBLOC“ zu finden (Bild 9).

Niederspannungsschaltanlagen

Auch bei den Niederspannungsschaltanlagen war das Bestreben zu erkennen, den Berührungsschutz durch allseitige Kapselung zu verbessern, die Austauschbarkeit wichtiger Geräte durch Steckkonstruktion zu erleichtern und durch Bausteinsysteme für eine wirtschaftliche Fertigung zu sorgen. Auf die verschiedenen Schutzsysteme wurde besonderer Wert gelegt, z. B. durch die Möglichkeit, auf Wunsch die 5. Schiene (Schutzleiterschiene) einzubauen. Viele Firmen machten die Hauptgeräte im Betriebszustand sichtbar, ohne daß Klappen usw. geöffnet werden mußten (z. B. BBC, Calor-Emag, Klöckner-Moeller GmbH, Bonn).

Die AEG hat ihre Motoren-Schaltschränke und sonstigen Verteiler mit fest eingebauten und ausziehbaren Geräten in Einzelheiten verbessert. Bei den bekannten isolierstoffgekapselten Verteilungen von Klöckner-Moeller besteht neuerdings auch der Sockel aus Isolierstoff. Die BBC stellte ihre isolierstoffgekapselte Verteilung mit zwei Kastengrößen 1:2 in Schutzart P44 für 3 bis 5 Leiter aus (Bild 10). Calor-Emag hat zwei neue Stahlblech-Verteilersysteme für 200 bzw. 630 A mit 3 bis 5 Sammelschienen in Kupfer-L-Profil mit fest eingebauten Geräten entwickelt. Außerdem

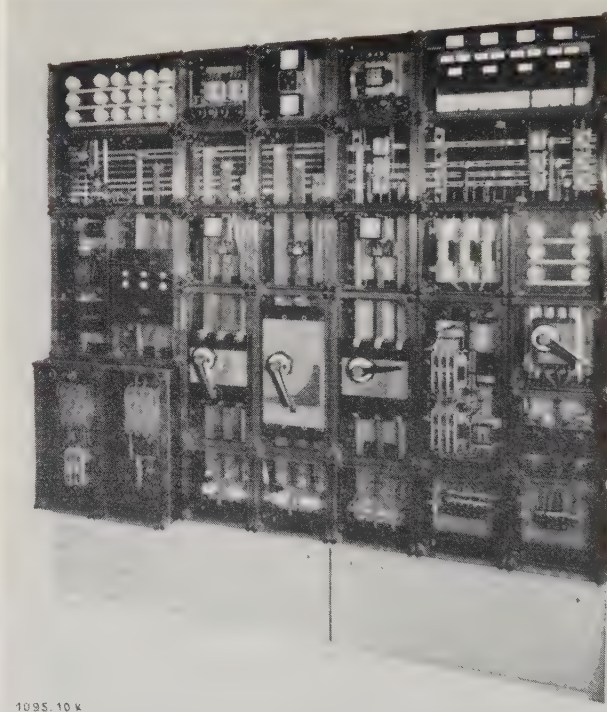


Bild 10. Isolierstoffgekapselter Niederspannungsverteiler.

zeigte sie eine neue Niederspannungsverteilung mit Steckbausteinen, die bei Doppelsammelschienen nach dem Zweileistungsschalter-Verfahren geschaltet wird. Der Baustein enthält das Schaltgerät bis zu 630 A mit Sicherungen, Wandlern und Instrumenten sowie den sechs Einfahrkontakten. Die Hilfsleitungen sind über Hand-Vielfach-Steckvorrichtungen mit dem festen Teil der Anlage verbunden (Bild 11). Eine neue ähnliche Anlagen-Konstruktion mit ausziehbaren Leistungsschaltern bis zu 1000 A und Vielfach-Steckvorrichtungen war bei Conti-Elektro V & H zu sehen.

Die SSW stellten ihrer bekannten EN-Verteilung eine neue Niederspannungsverteilung mit ausziehbaren Geräten unter der Bezeichnung N 1960 mit hinten liegender Sammelschiene vor. Auf eine Schottung zwischen den Feldern bzw. zur Sammelschiene wurde weitgehend verzichtet und die Sammelschiene mit Lichtbogenbarrieren ausgerüstet.

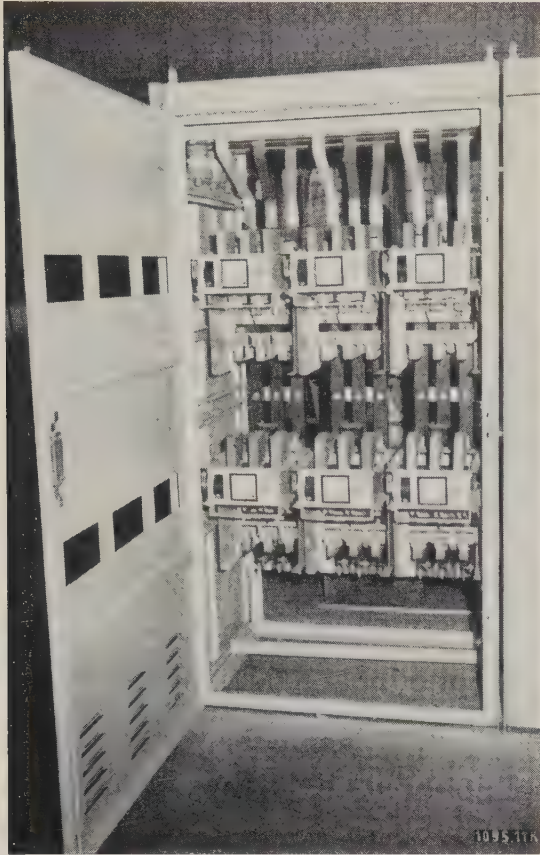


Bild 11. Niederspannungsverteilung mit Steckbausteinen 600 A.

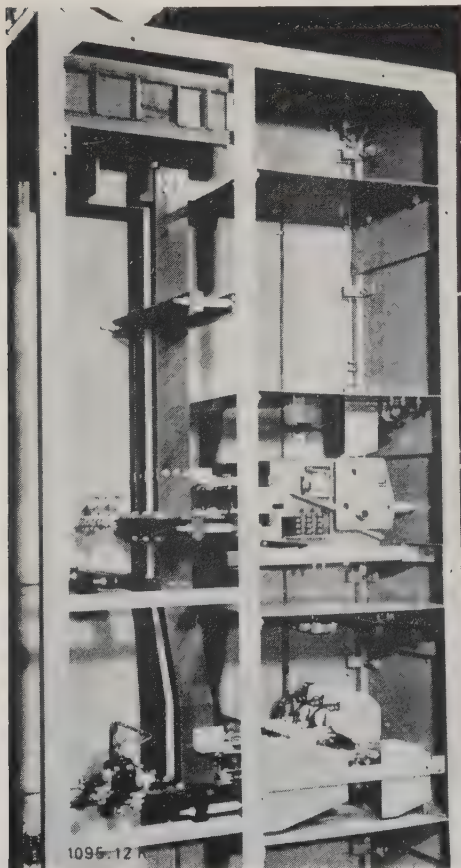


Bild 12. Niederspannungsverteilung Typ NORMABLOC mit ausziehbaren Schaltgeräten.

Aus der Fülle der übrigen Niederspannungsverteilungen in isolierstoffgekapserter, stahlblechgekapserter und gußgekapserter Ausführung seien nur noch einige mit meist erweiterten Programm erwähnt: F & G, Metzenauer & Jung GmbH, Wuppertal-Elberfeld, FPE Schaltgeräte GmbH, Karlsruhe, mit ausziehbaren Einheiten bis zu 4 kA, Merlin & Gérin bis zu 5 kA, ähnlich Delle mit seinem „NORMABLOC“ (Bild 12), schließlich die Elektro-Skandia, Stockholm, mit ihren Silumin-Gußkästen-Verteilungen.

Schaltanlagen-Steuerungen

Gegenüber dem Vorjahresbericht ist nichts wesentlich Neues zu berichten. Die Siemens-Anlagen-Bildsteuerung wurde bei gleichen Abmessungen der Einzelbausteine von 63 mm × 38 mm schaltungstechnisch vereinfacht. Rückmelder und getrennte Betätigungsknöpfe wurden durch einen gemeinsamen Leuchtdrucktaster ersetzt. Die zugehörigen Meßinstrumente hatten nur noch Abmessungen von 45 mm × 25 mm. Die Firma Franz Baumgartner, Köln, zeigte Transistor-Stör-

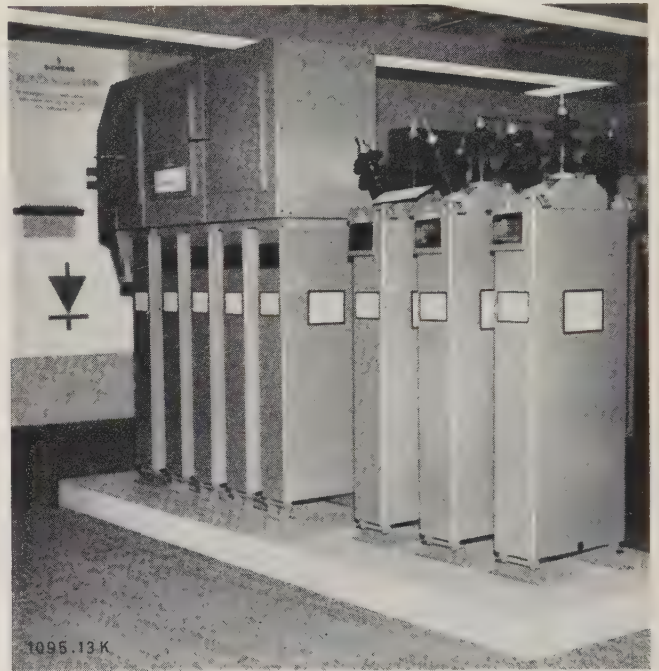


Bild 13. Rechts 3 Kondensatoren je 75 kvar, 6 kV, links Kondensator-Schaltbausteine 1 × 50 und 2 × 100 kvar, 380 V.

melder sowie Sammelstörmelder, Conti-Elektro-V & H neue Störmeldeanlagen für Schaltanlagen mit Zentral-Quittierung.

Leistungskondensatoren

Kondensatoren

Auf dem Gebiet der Mittelspannungskondensatoren wurden neben den bisher bekannten Bauformen auch Leistungskondensatoren mit wesentlich kleineren Abmessungen je Kilovoltampere Blindleistung ausgestellt. So zeigten die SSW drei Leistungskondensatoren für Drehstrom je 75 kvar, 6000 V Nennspannung, 50 Hz, Reihe 6 (Bild 13), die in den bisherigen 50-kvar-Gehäusen eingebaut sind, wodurch eine Raum- und Gewichtseinsparung von rd. 33 % erzielt wurde. Ferner stellte die Hydrowerk AG, Berlin, neben den bisherigen Ausführungen einen 50-kvar-Kondensator für 5773 V Wechselspannung, 50 Hz, Reihe 10, aus, der nur etwa die Hälfte seines früheren Gewichtes hatte (Bild 14). Diese Typenverkleinerung wurde vor allem durch die Verwendung besonders hochwertiger Kondensatorpapiere ermöglicht, die jedoch nur bedingt lieferbar sind.

Die Firma Alsthom, Paris, zeigte 20-kvar-Kondensatoren der Reihe 10 für 5800 V Wechselspannung mit je einer

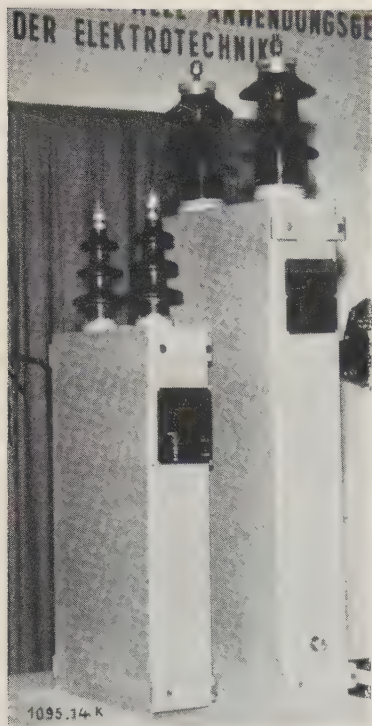


Bild 14. Kondensatoren je 50 kvar, 5773 V, rechts in normaler Bauform und daneben in verkleinerter Ausführung mit Spezialpapier.

Gehäuseklemme, wobei jede 20-kvar-Einheit eine auf der Durchführung aufgebaute Auswurfsicherung mit Kennzeichen hat.

Fabrikfertige Kondensator-Schalteinheiten

Auch in diesem Jahr wurde nunmehr von fast allen Kondensatorherstellern die den Niederspannungs-Kondensatoren aufgebauten bzw. unmittelbar darüber angeordneten Kondensator-Schaltbausteine gezeigt. Die Neuerungen gegenüber dem Vorjahr bestehen vorwiegend in der besseren Zugänglichkeit der Schalt- und Steuergeräte sowie der Sicherungen und Sammelschienen.

Die von der AEG ausgestellte fabrikfertige Kondensator-Mittelverteileranlage für acht Regelstufen je 20 kvar, 380 V Drehstrom, 50 Hz, erweiterungsfähig auf maximal zwölf Stufen, besteht (Bild 15) aus 500 mm hohen und auf Traggestellen über den zugehörigen Kondensatoren angeordneten stahlblechgekapselten Anbauschränken. Diese Baueinheiten für Regler- oder Schaltfelder bestehen aus ab-

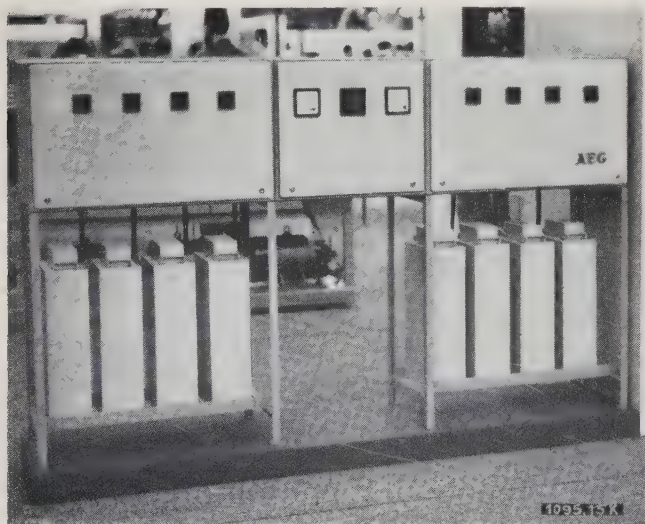


Bild 15. Fabrikfertige Regelanlage mit Kondensator-Mittelverteilerschränken für acht Anschlüsse zu je 20 kvar, 380 V.

gekanteten Winkelprofilen sowie seitlichen, oberen und unteren Abdeckblechen. Die unteren Abdeckungen nehmen die Stopfbuchsenverschraubungen für die Zuleitungs-, Steuer- und Verbindungskabel zwischen Luftschützen und Kondensatoren auf. Sie lassen sich mit den oberen Abdeckungen, z. B. bei Zuleitungen, von oben austauschen. Jeder Schrank hat eine nach oben aufklappbare Tür mit Dreikantverschlässen und seitlichen Feststellvorrichtungen. Bei den Schaltfeldern wird in der Tür je Abgang ein Paketschalter mit eingebauter Signallampe (Neuheit der Firma Casp. Arn. Winkhaus, Carthausen [Westf.]) montiert. Außer dem Fenster zur Beobachtung des Blindleistungsreglers kann die Tür mit z. B. zusätzlichem Strom- und Leistungsfaktormesser bestückt werden.

Sofern Anlagen bis zu 12 Stufen und Stufenleistungen bis maximal je 50 kvar, 380 V, ein besonderes Zuleitungsfeld erfordern, wird hierin der sonst in den Schaltfeldern vorgesehene Blindleistungsregler eingebaut. Es lassen sich auch Trennschalter oder Trennsicherungen in der Zuleitung unterbringen. Für größere Stufenleistungen bis maximal 12×100 kvar, 380 V Drehstrom, werden die Kondensator-Mittelverteiler in senkrechter Anordnung zusammengebaut. Die Einbaugeräte wie Sicherungen, Luftschütze und, falls erforderlich, thermische Überstromauslöser mit Wiedereinschaltperre werden auf Montageplatten montiert. Hierdurch besteht die Möglichkeit, Leerfelder nachträglich auszustatten. Hinter den Montageplatten sind die für den Endausbau bemessenen Sammelschienen angeordnet.

Ferner wurde von der AEG eine Regelanlage aus dem Kondensator-Kleinverteilerprogramm gezeigt. Diese Kleinverteilerschränke werden in verschiedenen Baugrößen für 3 bis 12 Kondensatoren gleicher oder ungleicher Stufenleistung bis zu einer Gesamtleistung von maximal 300 kvar gefertigt. Durch den besonders einfachen Aufbau ergibt sich ein verhältnismäßig geringer Herstellungsaufwand. Auch diese Anlagen sind fabrikmäßig vollständig verdrahtet, so daß sich die Montage auf das Anschließen der Kondensatoren und Zuleitungskabel beschränkt. Die ausgestellte Anlage ist für 1×10 kvar und 5×20 kvar, 380 V, regelbar in 11 Stufen bei gemischter Reihe vorgesehen.

Die von SSW gezeigte Kondensator-Regelanlage für 250 kvar, bestehend aus fünf Grundeinheiten je 50 kvar, 380 V, 50 Hz, mit unmittelbar aufgebauten Schaltbausteinen für 50- und 100-kvar-Stufen (Bild 13 links) wurde gegenüber dem Vorjahr konstruktiv wesentlich verbessert. Durch abnehmbare Sicherungsplatten wurde die Zugänglichkeit der dahinterliegenden Luftschütze erreicht. Außerdem ist neuerdings der Kabelanschlußkasten mit abnehmbarem Abdeckblech ausgerüstet. Die getrennte Anordnung des Blindleistungsreglers sowie der Signallampen und Paketschalter in einem Wandschrank wurden beibehalten.

Die Firma Ludwig Baugatz jun., Berlin-Neukölln, zeigte eine sechsstufige Kondensator-Regelanlage für 300 kvar, 380 V, mit aufgebauten Schaltbausteinen einschließlich der angebauten Regler und Anschlußfelder. Jeder der sechs Kondensatoren von je 50 kvar ist mit einem Schaltbaustein ausgerüstet, der ein Schaltschütz, Sicherungen, Anschlüsse für eine gemeinsame Sammelschiene sowie einen Paketschalter und zwei Meldeleuchten enthält. Die Sammelschienen für die Batterie enden in dem mittig angebrachten Kabelanschlußbaustein. Der Blindleistungsregler mit Steuersicherung ist in einem zusätzlichen Schaltbaustein untergebracht.

Die Ero-Starkstrom Kondensatoren GmbH, Landshut (Bay.), stellte zwei den Kondensatoren direkt aufgebaute Schaltbausteine für 20 und 30 kvar, 380 V Drehstrom, 50 Hz, sowie einen Regler-Wandschrank aus.

Die Dominit-Werke GmbH, Brilon (Westf.), zeigte ein gemeinsames Anschlußgehäuse für drei Regel-Kondensatoren je 50 kvar, 380 V. Hierin sind die Sammelschienen und die kurzschlußfesten Sicherungen je 50-kvar-Einheit ein-

gebaut. Der Anbau geschieht auf der Stirnseite der Kondensatoren.

In einer von der AEG ausgestellten stahlblechgekapselten Laststation mit Haupt- und Unterverteilung für große Leistungen wurde u. a. eine fabrikfertige Baueinheit für Blindleistungskompensation vorgesehen.

Blindleistungsregler

Von den SSW wurde ein Dreipunktregler mit minimaler Schalthäufigkeit für Kondensatorregelung gezeigt. Der mit SIMATIC-Bauteilen und TRANSIDYN-Regelverstärker ausgerüstete Kondensatorregler ermöglicht eine optimale Kompensation des Blindstromes in öffentlichen Netzen und Werksversorgungsnetzen. Der Regler erfaßt den Mittelwert des Blindstromes mit hoher Genauigkeit, bleibt jedoch von vorübergehenden Laststößen unbeeinflusst. Seine Ansprechverzögerung ist dem auftretenden Blindstromwert umgekehrt proportional (Auswertung nach dem Blindstrom-Zeitintegral). Dadurch wird eine besonders geringe Schalthäufigkeit erreicht.

Ein Meßwertumformer erhält als Eingangsgrößen den von einem 5-A-Wandler abgenommenen Phasenstrom und eine um 90° versetzte Dreieck-Netzspannung. Seine Ausgangs-Gleichspannung, deren Polarität mit der Richtung des Blindstromes wechselt, speist über einen Widerstand einen Transidyn-Regelverstärker, der durch die Beschaltung mit der Kapazität eine integrierende Charakteristik bekommt. Der Widerstand bestimmt den Ansprechwert des Reglers und ist in weiten Grenzen einstellbar. Eine Rückführung über einen zweiten Widerstand führt den Integrator nach

dem Ansprechen in seine Ausgangslage zurück. Die Verstärker-Ausgangsspannung steuert die SIMATIC-Stufen, die ihrerseits zwei Relais betätigen. Die Relais können drei Befehle abgeben: höher — Null — tiefer (Dreipunktregelung).

Die AEG stellte einen neuen 12-stufigen Blindleistungsregler Typ BR 123 mit einphasigem Meßwerk aus. Die U-förmige Quecksilber-Schaltroöhre hat an beiden Enden je eine mit Wasserstoff gefüllte Beheizungskammer mit je einer Heizelektrode von rd. 10 W Leistungsaufnahme. Die Elektroden werden je nach der vorliegenden Last von einem induktiven bzw. kapazitiven Kontakt betätigt. Durch die Aufheizung der Wasserstofffüllung, z. B. durch Schließen des „Induktivkontaktes“, steigt der Druck im entsprechenden Rohrende. Hierdurch wird das Quecksilber auf der anderen Seite hochgedrückt und die am oberen Ende des Steigrohrs eingeschweißten zwölf Schaltkontakte zum Einschalten der Kondensatorschütze betätigt. Nach Erreichen des Blindleistungsgleichgewichtes wird der „Induktivkontakt“ wieder geöffnet, wodurch die Heizwicklung spannungslos wird und die Quecksilbersäule wieder in ihre Nullage zurücksinkt.

Bei kapazitiver Last wird durch Schließen des „kapazitiven Kontaktes“ der zweite Heizwiderstand eingeschaltet, wodurch die Quecksilbersäule in die entgegengesetzte Richtung gedrückt wird und die entsprechenden Kondensatorschütze abgeschaltet werden, die bisher ihre Haltespannung von dem am unteren Ende des Steigrohrs eingeschweißten Kontakten erhielten. Bei Netzunterbrechung fallen die Schütze ab und werden bei Wiederkehr der Spannung je nach vorliegender Blindlast wieder zugeschaltet.

Schutz- und Hilfsrelais

Von Ludwig Rimmark, Erlangen*)

DK 621.316.925 : 061.4(43-2.27)“1961“

Die neueren Entwicklungen auf der diesjährigen Messe ließen deutlich erkennen, daß diese in weitem Ausmaß durch Forderungen der Abnehmer bedingt sind und die Firmen sich bemühen, gute Lösungen zu finden. Auf dem Selektivschutzgebiet ist führend der Wunsch, die Geräte so auszuführen, daß man bei ihrem Einsatz in unbedienten Stationen die Möglichkeit hat, mit freien Kontakten Fernmeldungen zu betätigen, die es an einer zentralen Stelle gestatten, innerhalb kurzer Zeit abzulesen, wie die Schutzeinrichtungen gearbeitet haben. Man will nicht nur eine Meldung, ob der Schutz ausgelöst hat, sondern auch Angaben, in welchen Leitern der Schutz anregte und mit welcher Zeit er auslöste. Sowohl die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG), Berlin, als auch die Siemens-Schuckertwerke AG (SSW), Erlangen, zeigten Neuentwicklungen, die obigen Forderungen mit verschiedenen Lösungen Rechnung tragen.

Das neue AEG-Schnelldistanzrelais SD 324 (Bild 1) in Dreirelaischaltung ist eine Weiterentwicklung des SD 314 in kleinerem Gehäuse mit eingebauter Unterimpedanzanregung, die Suszeptanzcharakter hat. Bei praktisch unveränderter Meß- und Auswahlschaltung kann bei dem neuen Schutz der Mischimpedanzkreis in Richtung der x-Achse verschoben werden, wodurch sich eine Halbierung der kleinsten zu schützenden Streckenlänge ergibt, bei gleichzeitiger Verdopplung der Lichtbogenunempfindlichkeit. Schnellarbeitende Hilfsrelais ergeben eine kürzere Kommandozeit. Außer den Schauzeichen und dem Schleppzeiger am Zeitglied, die durch Fernbetätigung elektrisch zurückgestellt werden können, hat der Schutz potentialfreie Kontakte an Klemmen herausgeführt, die es gestatten, sowohl die Anregekriterien als auch die fünf Zeitstufen auf die Fernmeldung wirken zu lassen. Außerdem kann die echte Laufzeit des Zeitgliedes zur Speicherung oder Fernanzeige

in Form von 0,1 s-Impulsen direkt an potentialfreien Klemmen abgenommen werden.

Da die Meldekontakte im Schutz nur so lange sich schließen, wie dieser während einer Störung angeregt ist, d. h. unter Umständen nur 0,1 s, müssen für die Fernübertragung die Meldungen gespeichert werden, um sie auf Wunsch mit den Mitteln der Fernwirktechnik abzufragen, auf Relaisabbilder zu geben und die gespeicherten Werte wieder zu löschen. Eine Reihe von Geräten für direkte

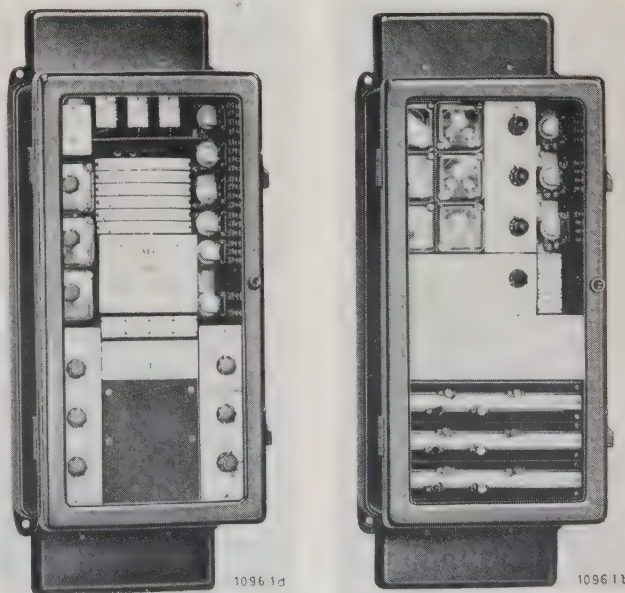


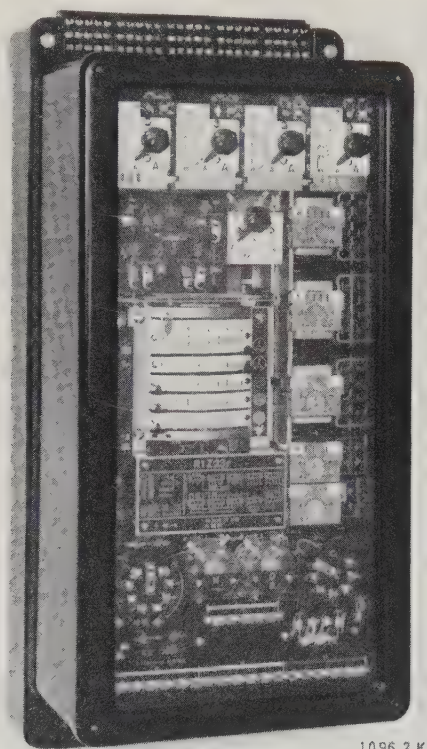
Bild 1. Schnelldistanzrelais SD 324.
links: Anregeteil, rechts: Meßteil.

*) Dipl.-Ing. L. Rimmark ist Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke AG in Erlangen.

Drahtübertragung auf kurze Entfernungen als auch solche für größere Entfernungen wurden gezeigt.

Die SSW zeigten ihr Bauprogramm für den Distanzschutz in Einrelaisschaltungen mit den bekannten Typen R1Z 25 a, R1Z 24 a und R1ZKZ 4 u sowie eine Neuentwicklung, den Vielzweck-Distanzschutz R1Z 23 a. Um eine Fernmeldung auch bei älteren Entwicklungen mit nicht potentialfreien Kontakten zu ermöglichen, wurde eine Zusatzeinrichtung mit von außen nicht rückstellbaren Zählwerken und Speicherrelais geschaffen, die mit ihren freien Kontakten für die Fernmeldung benutzt und elektrisch gelöscht werden können. Bei dem bekannten Konduktanzschutz R1KZ 4 a wurde gezeigt, wie sich durch nachträglichen Einbau einer Isolierleiste mit vier Kontakten an den vier Hilfsrelais die fehlenden potentialfreien Kontakte einbauen lassen.

Der neue Vielzweck-Distanzschutz R1Z 23 a (Bild 2) gestattet, durch eine innen angeordnete Rangierleiste praktisch jede nur denkbare Umschaltmöglichkeit hinsichtlich der Kennlinie in Abhängigkeit von der im Fehlerfall gemessenen Energierichtung. Alle distanzabhängigen

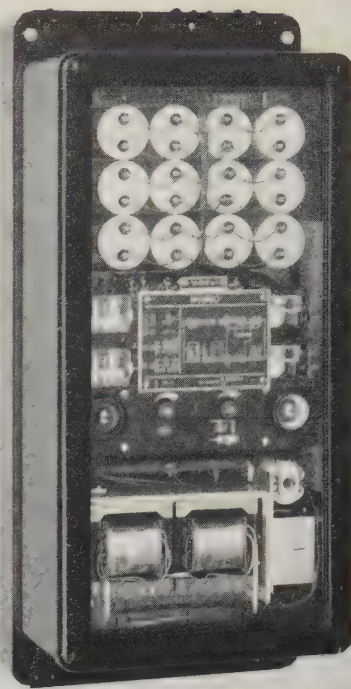


1096.2 K

Bild 2. Vielzweck-Distanzschutz R1Z 23 a.

Stufen lassen sich je nach ihrer Richtungswirksamkeit mit verschiedenen Meßbereichen einstellen, ebenso wie die einstellbare Lichtbogenkompensation. Durch ein zusätzliches, außen anzuordnendes schnelles Hilfsrelais ist es auch möglich, mit dieser Einrelaisschaltung eine einwandfreie Richtungsanzeige bei Fehlern hinter Stern-Dreieck-Transformatoren zu erhalten (unabhängig von den Leitern, die an einer Störung beteiligt sind). Damit wird es möglich, diesen Vielzweck-Distanzschutz auch als Sammelschienenenschutz für Umspanner mit Sterndreieckwicklung einzusetzen, wobei verschiedene Endzeiten richtungsabhängig eingestellt werden können. Zählschauzeichen, Meldeimpulse, Laufzeitangabe und Umschaltbarkeit durch Stecker für zwei verschiedene Gleichspannungen gehören zur fast selbstverständlichen Ausrüstung solcher Geräte.

An einem Modell zeigte die AEG die Arbeitsweise ihres Sammelschienen-schutzes, der auf der Ermittlung der Energieflußrichtung im Fehlerfall in allen Sammelschienen-Abzweigen beruht. Bei Sammelschienenfehlern fließt in allen Abzweigen, die sich an der Speisung des

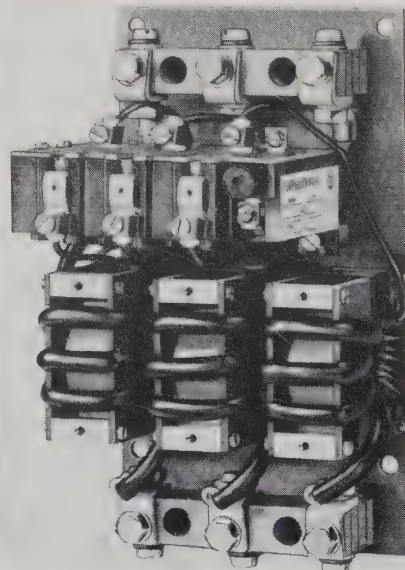


1096.3

Bild 3. Leistungssprungrelais R1W 80.

Fehlers beteiligen, Energie zur Sammelschiene hin. Benutzt man die „Rückwärts“-Richtungsangabe von ohnehin vorhandenen Leitungsschutz-Relais und vergleicht diese, wenn der Schutz anregt, miteinander, so hat man ein Kriterium dafür, ob der Fehler auf der Sammelschiene liegt oder außerhalb des Schutzbereiches. Je Sammelschienenabschnitt wirken auf eine Sperr-Hilfsschiene im ungestörten Betriebszustand alle Richtungsrelaiskontakte. Die im Fehlerfall auf die Sammelschiene hin steuernden Richtungsrelais geben Impulse auf eine Freigabehilfsschiene. Beim Aufheben des letzten Impulses von der Sperrschiene vollzieht sich die Auslösung aller Schalter, sofern außerdem ein Unterspannungsrelais als Überwachungsrelais ebenfalls abgefallen ist.

Bei Turbosätzen soll bei großen und plötzlichen Lastabschaltungen der Regler verhindern, daß die Maschine die Schnellschlußdrehzahl erreicht. Diese Aufgabe ist für die Regler sehr schwierig, da sie meist erst ansprechen, wenn bereits eine Beschleunigung der Maschine mit einer Drehzahlerhöhung stattgefunden hat. Namentlich bei Maschinen-



1096.4 K

Bild 4. Phasenstromrelais „Einphasenwart“.

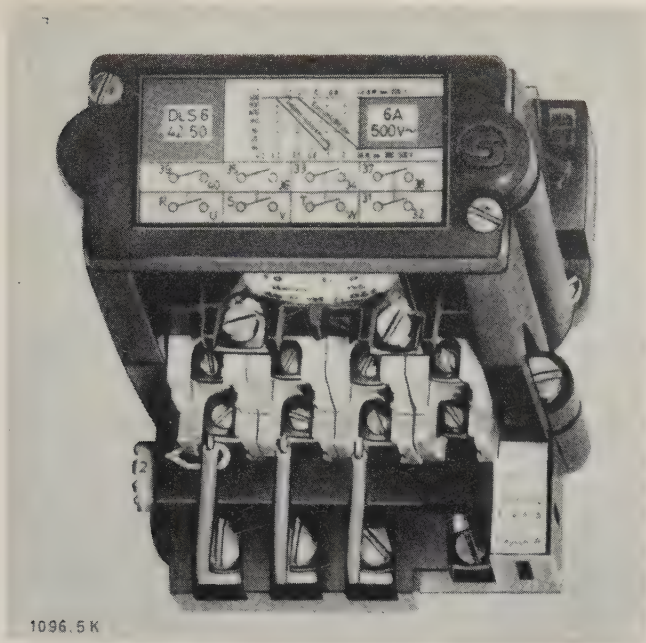


Bild 5. Kleinschutz DLS 6 mit Motorschutz.

sätzen mit kleinen Anlaufzeitkonstanten und Reglern, die auf einen großen Proportionalitätsbereich eingestellt sind, kann häufig das Erreichen der Schnellschlußdrehzahl kaum verhindert werden. Überwacht man jedoch elektrisch die Leistungsabgabe des Generators auf einen negativen Leistungssprung in der Zeiteinheit durch das von SSW entwickelte Leistungssprungrelais R1W 80 (Bild 3) und greift unverzüglich durch kurzzeitiges Öffnen eines Magnetventils in den Steuerölkreis der Regelventile ein, so gehen diese in Schließstellung, so daß auch bei Vollastabschaltungen die maximale Drehzahlüberschwingweite mit Sicherheit das Ansprechen des Turbinenschnellschlusses vermeidet. Das Gerät ist einstellbar in der Form, daß sich abhängig von der Größe der Entlastung der Maschine eine mehr oder weniger lange Impulsdauer zum Schließen der Ventile ergibt, womit das Gerät den besonderen Regeleigenschaften und Betriebserfordernissen einer jeden Turbine angepaßt werden kann.

Dem aufmerksamen Beobachter konnte es nicht entgehen festzustellen, daß die auf fast allen Gebieten im Vordringen befindliche Transistortechnik auf dem Selektivschutzgebiet keinen weiteren Eingang fand. Statt dessen scheint sich der von mehreren Firmen hergestellte Schutzgaskontakt als neuer Baustein der Relais-technik mehr und mehr einzuführen. Mehrere Firmen zeigten Hilfsrelais in Schwachstromausführung, teils in gedruckten Schaltungen,

teils als transistorisierte Bausteine (fest vergossen), die solche Kontakte benutzen. Die SSW zeigten sowohl ein einstellbares Stromrelais RA 20 als auch ein Hilfsrelais RH 20 b mit Schutzgaskontakten zum Erzielen besonders kurzer Schaltzeiten von wenigen Millisekunden.

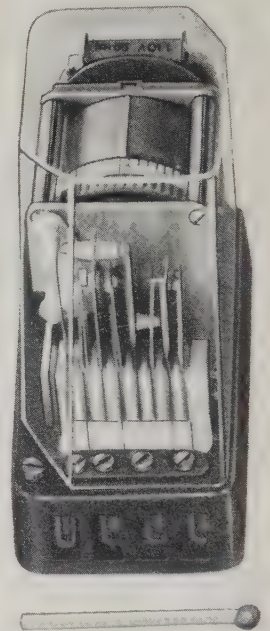
Die Constructeurs Français de Matériel d'Equipement Electrique, Paris, zeigten eine Anzahl Schutzeinrichtungen für Niederspannung sowie Hilfsrelais in den verschiedensten Formen für Steuerungen und Regelungen.

Die Schiele Industriewerke KG, Hornberg (Schwarzwaldbahn), zeigte ein Phasenstromrelais (Bild 4) zum Schutz von Drehstrommotoren bei Einphasenlauf. Bei dem „Einphasenwart“ hat jedes der drei Systeme je zwei Elektromagnete, die auf einen gemeinsamen Anker wirken. Jedes System wird von zwei verschiedenen Leiterströmen durchflossen, die bei gleicher Stromstärke in den Haltespulen eine größere Kraft auf den Anker ausüben als in den Anzugspulen.

Die Firma Franz Baumgartner, Köln, hat als Neuheit einen Dreiphasenwächter Form W3 zur Drehspannungsüberwachung entwickelt, bestehend aus einem Relais, das die drei gleichgerichteten Spannungen überwacht und bei Spannungsrückgang in einem Leiter auf 70 % sowie bei symmetrischem Rückgang auf 90 % der Nennspannung anspricht.

Die Firma Starkstrom Schaltgerätefabrik E. Spindler & O. Deissler, Gummersbach (Rhld.), hat ein neues Klein-Thermo-Relais (Bild 5) mit Bimetallauslösern für Impuls- als auch Dauerkontaktgabe entwickelt, das unmittelbar unter dem Sockel ihrer Kleinschütze befestigt werden kann.

Neu auf dem Markt ist das Zeitrelais ZRy (Bild 6) der PFN-Landis & Gyr GmbH, Berlin-Marienfelde, als Synchronmotorrelais mit Kuppelmagnet für verzögertes Einschalten als auch verzögertes Ausschalten. Vier verschiedene Zeitbereiche lassen sich durch mitgelieferte Wechselräder einstellen.



1096.7 K

Bild 7. Zeitrelais mit Synchronmotorantrieb.

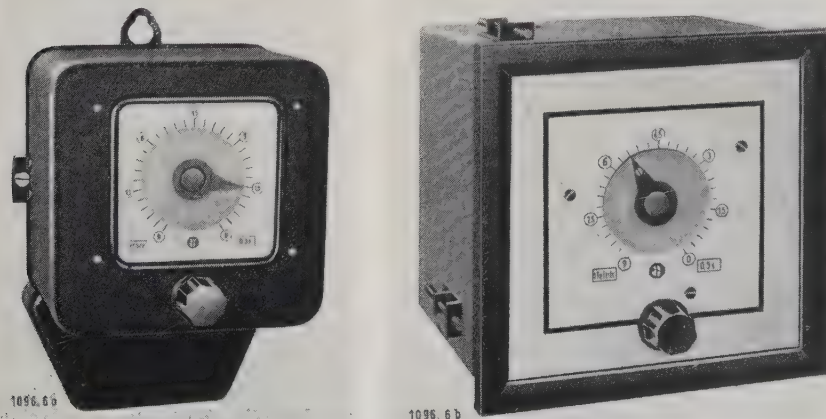


Bild 6. Zeitrelais ZRy und ZRyo.

links: Wandaufbau,

rechts: Schalttafeleinbau.

Die Eberle & Co GmbH, Nürnberg, zeigte ein neues einfaches und kleines Zeitrelais (Bild 7) mit Synchronmotorantrieb, stufenlos einstellbarer Verzögerungszeit bis zu 1 min, ein Wechselkontakt und Kuppelmagnet, d. h. kurzer Rückfallzeit.

Unter der Vielzahl von Hilfsrelais, die meist nur geringfügige Änderungen gegenüber bestehenden Konstruktionen aufwiesen, zeigte die SSW ein neu entwickeltes Starkstrom-Hilfsrelais für Industriesteuerungen RH 580. Die beachtlich hohe Lebensdauer und Stoßfestigkeit des mit zwei oder vier Umschaltern lieferbaren Hilfsrelais wird durch einen Schwing-Drehanker erreicht, der ohne festen mechanischen Anschlag in Verbindung mit Kippfederkontakten arbeitet.

Starkstromkabel und -leitungen

Von Friedrich Otten, Erlangen*)

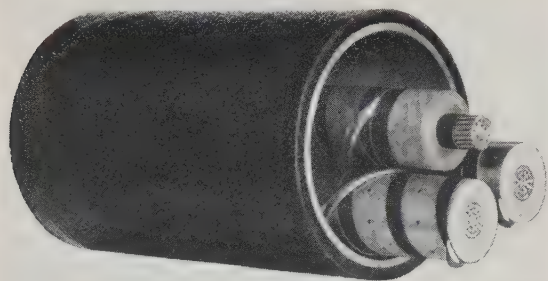
DK 621.315.2 : 061.4(43-2.27) "1961"

Das 1-kV-Massekabel mit Aluminiummantel oder Kupferwellmantel, bei dem der gut leitende Mantel als Nulleiter verwendet wird, stand neben den Kunststoffkabeln für Spannungen bis 30 kV im Vordergrund des Interesses. Auch bei den Höchstspannungskabeln gab es einige Neuerungen. Auf dem Garniturengebiet für Nieder- und Mittelspannungskabel wurden einige nennenswerte Verbesserungen gezeigt.

Bei Leitungen vollzog sich die Weiterentwicklung insbesondere in Richtung auf wärmebeständigere Ausführungen. Bemerkenswert sind auch Bagertrommelleitungen für eine Betriebsspannung von 60 kV.

Kabel

Die Felten & Guillaume Carlswerk AG (F&G), Köln-Mülheim, Kabel- und Metallwerke Neumeyer AG (Neumeyer), Nürnberg, Norddeutsche Kabelwerke AG (Nordkabel), Berlin-Neukölln, das Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerk (OKD), Osnabrück, Kabelwerk Rheydt AG, Rheydt (Rhld.), Siemens-Schuckertwerke AG (SSW), Erlangen, und Süddeutsche Kabelwerke (Südkabel), Mannheim, verbesserten die preisgünstigen Kabel mit Aluminiummantel für den Ortsnetzbau durch einen Mehrschichten-Korrosionsschutz, der die früher üblichen Faserstoff-Schutzhüllen mit



1089.1 G

Bild 1. Gasinnendruckkabel in Stahlrohr, 110 kV, $3 \times 150 \text{ mm}^2$.

eingelegeten Bändern aus Gummi oder Kunststoff nahezu verdrängt hat. Dieser Korrosionsschutz besteht aus einem festen Kunststoffmantel, der über Zwischenschichten aus Kunststoffbändern in Compound auf den Aluminiummantel aufgebracht ist. Bemerkenswert ist noch, daß die SSW den Aluminiummantel jetzt kontinuierlich, d. h. ohne die sogenannten Haltestellen aufpressen, wodurch nicht nur die Qualität des Aluminiummantels bei großen Längen verbessert, sondern auch die Kabelseele thermisch geschont wird.

Kabel mit Kupferwellmantel zeigten die Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie AG (DeTeWe), Berlin, F&G, Hackethal-Draht- und Kabel-Werke AG, (Hackethal), Hannover, Nordkabel, OKD, Kabelwerk Rheydt und die SSW.

Bei den kunststoffisolierten Kabeln wurden durch die Weiterentwicklung der Mischungen Verbesserungen erreicht. Die SSW stellten Protodurkabel aus mit kältefesten Mischungen für Verlegung bei Temperaturen bis zu -20°C . Im Bereich der Mittelspannungen über 10 bis 20 kV waren Sonderausführungen für Verlegung bei großen Höhenunterschieden (Gebirgs- und Schachtkabel) und als isolierte Sammelschienen für Schaltanlagen auf den Ständen von F&G, Neumeyer und den SSW zu sehen.

Neumeyer und die SSW zeigten auch konfektionierte PVC-Einleiterkabel bis 30 kV, d. h. angepaßte Kabel mit bereits vor der Verlegung angebrachten Endenabschlüssen aus

Protolin-Gießharz (SSW) oder aus gewickelten und danach thermisch verschweißten Kunststoffbändern (Neumeyer), zur Verwendung in Schaltanlagen.

Die bereits vom vorigen Jahr her bekannten Schiffskabel mit einer Isolierung aus wärmebeständigem Butylgummi gewannen an Bedeutung und wurden in diesem Jahr auf den Ständen der Firma Friedrich C. Ehlers, Hamburg, Hackethal, Land- und Seekabelwerke AG, Köln-Nippes, Nordkabel, Rheinische Draht- und Kabelwerke GmbH (Rheinkabel), Köln-Riehl, und der SSW gezeigt.

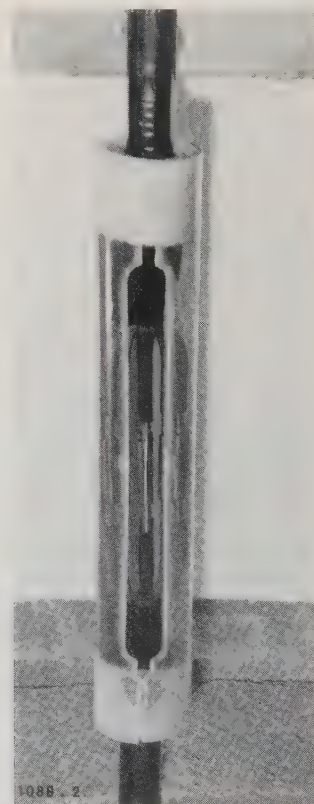
Von den verschiedenen Spezialkabeln sind neuartige Kabel für Bergsenkgebiete hervorzuheben, die durch ihre Konstruktion weitestgehend Zug- und Druckbeanspruchungen gewachsen sind (SSW).

Die Zahl der Bauarten der Höchstspannungskabel hat sich vergrößert. Die klassischen Ölkabel sind nach wie vor die einzigen Konstruktionen für Wechselspannungen bis 400 kV (F&G und SSW). Für Spannungen bis 150 kV stehen neben dem Ölkabel (F&G, SSW, Südkabel, Conti Elektro Kabelwerk Vohwinkel, Wuppertal-Vohwinkel, Kabelwerk Duisburg, Duisburg, und Kabelwerk Rheydt) für besondere Anwendungsgebiete noch Gasinnendruckkabel mit einem Blei- oder Aluminiummantel zur Verfügung (F&G, SSW und Rheinkabel). Für erhöhte mechanische Beanspruchung gibt es neben dem bekannten Druckkabel (F&G) auch Gasinnendruckkabel im Stahlrohr (Bild 1) (F&G und SSW) sowie Ölkabel in Stahlrohr (SSW). Bei den letzten beiden Typen liegen die Adern ohne Metallmantel im Stahlrohr.

Kabelgarnituren

Die im vorigen Jahr erstmals ausgestellte Abzweigmuffe für Aluminiumkabel, bei welcher der als Nulleiter dienende Aluminiummantel schraubenförmig oder in Längsachse ohne Unterbrechung aufgeschnitten wird, hat sich durchgesetzt und bringt eine weitere Erhöhung der Betriebssicherheit. Mustermuffen und Sonderschneidwerkzeuge für den Mantelschnitt stellten F&G, Nordkabel, OKD, Rheinkabel, Kabelwerk Rheydt, die SSW und Südkabel aus. Für Kupferwellmantelkabel wurden ähnliche Verfahren entwickelt, um den Kupferwellmantel, ohne ihn zu unterbrechen, in den Abzweigmuffen auftrennen zu können. Muster und Schneidwerkzeuge zeigten Hackethal, Nordkabel, OKD und SSW.

Muffen und Endverschlüsse aus Gießharz wurden weiter vervollkommen und verbessert. Neuentwicklungen bzw. Verbesserungen, insbesondere durch Vereinfachung der Montage, zeigten Hackethal, OKD, Kabelwerke Reinschlag, Wuppertal (Bild 2), Rheinkabel, Südkabel und SSW. Ein neuer Protolin-Endenabschluß für Kunststoffkabel (6 und 10 kV) mit Regenglocken aus Protolin auf den Adern (Bild 3) wurde von den SSW gezeigt, ebenso neue Gießharzpackungen, welche die Verarbeitung



1088.2

Bild 2. Barnicol-Gießharzmuffe.

*) Oberingenieur F. Otten ist Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke AG in Erlangen.

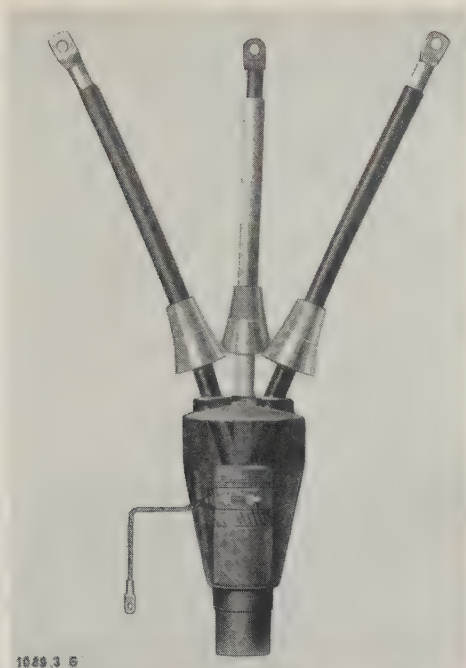


Bild 3. Protolin-Freiluft-Endenabschluß mit Regenglocke für Kunststoffkabel, 6 bis 10 kV.

wesentlich vereinfachen und beschleunigen. Hierbei sind Harz und Härter im gleichen Gefäß, nur durch eine Zwischenwand getrennt, untergebracht, die vor der Montage durchzustößen ist.

Endverschlüsse mit durchsichtigen Isolatoren für Spannungen bis 30 kV zur optischen Kontrolle des Massestandes wurden von mehreren Firmen ausgestellt (F&G, Rheinkabel, Südkabel und SSW).

F&G brachten eine Weiterentwicklung ihrer Kleinendverschlüsse mit einem Sichtring aus Makrolon (Bild 4) sowie Freiluftendverschlüsse mit durchsichtiger Makrolonhaube. Die SSW zeigten einen 20-kV-Kleinendverschluß für Einleiter- und Dreimantelkabel aus durchsichtigem Makrolon (Bild 5) sowie die durchsichtigen Endverschlüsse ohne Dichtung bis 30 kV in Innenraumausführung. Südkabel stellte sowohl Innenraum- als auch Freiluftendverschlüsse für Spannungen bis 35 kV mit durchsichtigen Isolatoren aus.

Die SSW zeigten auch einen neuartigen Endverschluß in Freiluftausführung, der für Masse- und Kunststoffkabel verwendbar ist. Bei diesem Endverschluß sind die Metallteile unmittelbar auf den vorher metallisierten Porzellanisolator gelötet, so daß Kittung oder Gummidichtungen entfallen.

Beachtenswert ist auch eine 30-kV-Verbindungs-muffe mit Zugabfangvorrichtung für Kabel mit Drahtbewehrung und Kunststoffaußenmantel von F&G (Bild 6). Die Zugabfangvorrichtung liegt dabei korrosionssicher innerhalb der Schutz-muffe und der Vergußmasse. Verbindungs-muffen für Kunststoffkabel mit Massekabeln

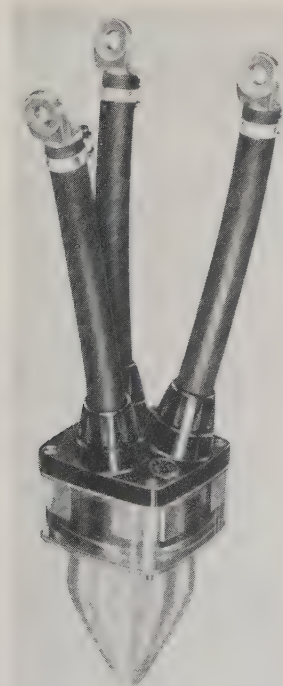


Bild 4. Druckfester Klein-Endverschluß mit Sichtring als 3-Leiter-Endverschluß bis 15 kV, als 1-Leiter-Endverschluß bis 20 kV.

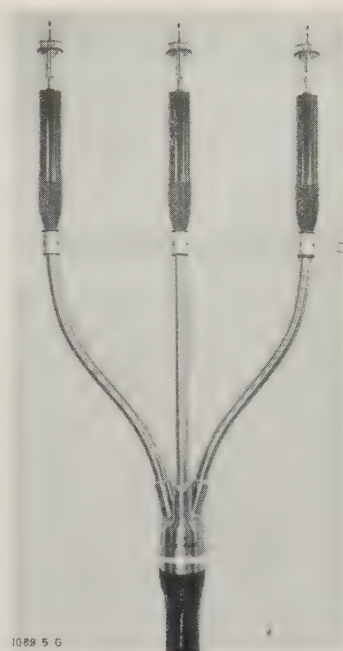


Bild 5. 20-kV-Klein-Endverschluß mit durchsichtigen Isolatoren zur Massekontrolle.

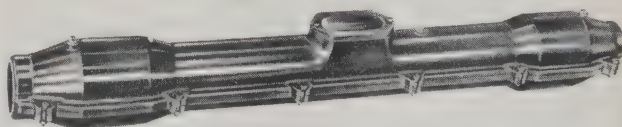
in verschiedenen Ausführungen sah man auf den Ständen von F&G, der SSW und des Kabelwerks Vohwinkel.

Zu erwähnen sind noch neue Kabelschellen der SSW, die eine freizügige, einfache Montage ermöglichen; ferner neue Kabelklemmen der Wilhelm Petri KG, Marburg (Lahn), eine verbesserte Traverse zum Befestigen von Kabeln der Firma Hermann Pohl, Berlin-Neukölln, sowie feuer-, gas- und wasserdichte Schottdurchführungen für Kabel bei der Firma Nils-Brendel, Hamburg (System Brattberg).

Leitungen

Die bekannten 2- und 3-adrigen Stegleitungen für feste Verlegung sind durch eine 4-adrige Stegleitung bis zum Querschnitt 2,5 mm² ergänzt worden (SSW).

Auf dem Gebiet der hitzebeständigen Leitungen wurden z. B. von den Firmen Coroplast KG, Wuppertal-Nächstebreck, Kromberg & Schubert, Wuppertal-Langer-



1089.6 G

Bild 6. Verbindungsmuffe für Kabel mit Kunststoffhülle über einer zugfesten Bewehrung.

feld, Südkabel, SSW, Neumeyer, Reinshagen, Hackethal, Leonische Drahtwerke AG, Nürnberg, Leitungen mit Silikonkautschuk-Isolierung für eine dauernde Leitertemperatur von 180 °C und kurzzeitig 250 °C ausgestellt. Ferner zeigten auf diesem Gebiet Hackethal und Neumeyer mit Teflon isolierte Leitungen, die für Dauertemperaturen bis 250 °C empfohlen werden.

Widerstandszündleitungen zur Funkfernentstörung der Hochspannungszündanlagen von Otto-Motoren wurden in verschiedenen Ausführungen von der Lynenwerk KG, Eschweiler, von Reinshagen und von den SSW herausgebracht. Bei Verwendung dieser Leitungen, die an die Stelle der normalen Zündleitungen treten, bedarf es keiner weiteren Entstörungsmittel zum Erfüllen der vorgeschriebenen Funkentstörbedingungen.

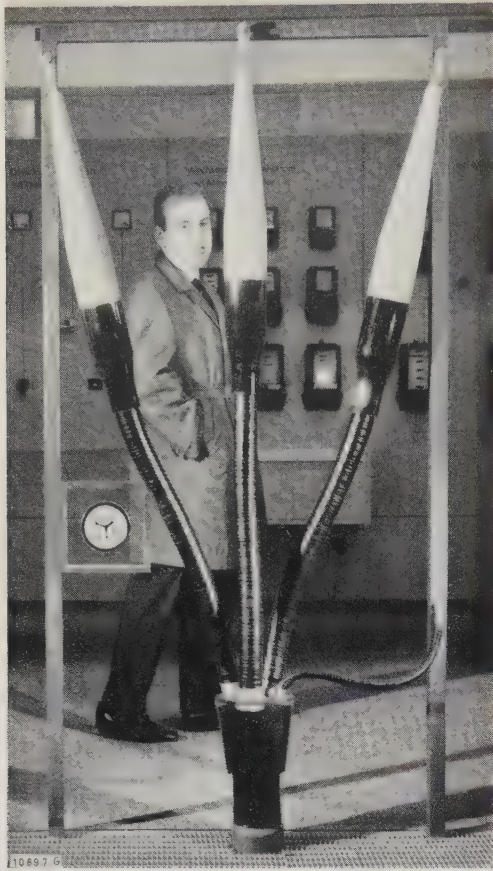


Bild 7. 60-kV-Endverschluß für Baggertrommelleitung.

Flugzeugbordleitungen für die Installation in Flugzeugen nach den einschlägigen Vorschriften in ein- und mehradrigen sowie abgeschirmten Ausführungen wurden vom Kabelwerk Vohwinkel gezeigt.

Starke Gummischlauchleitungen und Spezialleitungen für den Bergbau unter Tage mit erhöht wärmebeständigen Aderisolierungen sah man bei Reinshagen und den SSW.

Um den immer größer werdenden Energiebedarf im Braunkohlen-Tagebau decken zu können, entwickelten die SSW aus den bekannten Baggertrommel- und Strossenleitungen nach dem „Ozonex-Prinzip“ eine Baggertrommelleitung für 60 kV mit zugehörigem Innenraum-Endverschluß (Bild 7).

Eine Erweiterung des Programms der anschlussfertigen Leitungen, bekannt als „Flexoleitungen“, konnte bei den Firmen Norbert Kordes, Sohlingen (Solling), Kabelwerk Rheydt, Coroplast, SSW, Neumeyer, Kromberg & Schubert usw. festgestellt werden. Für den Anschluß von viel bewegten Geräten zeigten die SSW eine hochbiegegeste Gummischlauchleitung. Die Leitung ist besonders für den Anschluß von Elektrowerkzeugen, wie Bohrmaschinen, Schleifern usw., entwickelt worden, damit die dort häufig auftretenden Leiterbrüche weitestgehend eingeschränkt werden.

Die Firma Otto P. Braun, Stuttgart, zeigte unter der Bezeichnung „Röhrenmantelkabel“ die bekannte mineralisierte Pyrotenax-Leitung, wie sie auch von Südkabel unter der Bezeichnung „Ibrenit“ ausgestellt wurde. Derartige Kabel sind feuerfest, sehr alterungsbeständig und druckfest. Ihrer Hitzebeständigkeit wegen werden sie auch als Thermosteament-Leitung und Heizkabel verwendet.

Erwähnenswert ist ein Spezialmesser der Firma Paul Jordan, Berlin-Steglitz, zur einfachen und gefahrlosen Abmantelung von Kunststoffkabeln und -leitungen, ohne daß dabei die Kabelseele verletzt wird.

Elektrowärmetechnik

Von Karl-Heinz Brokmeier, Dortmund, und Philipp Woll, Frankfurt a.M.*)

DK 621.365 : 061.4(43-2.27)“1961“

Industrielle Elektrowärmetechnik

Auf dem Gebiet der industriellen Elektrowärme ist es schon schwer, anlässlich einer Messe auf die spezielle Technik, die Gesamtkonzeption der Anlagen und die eigene Leistungsfähigkeit der Aussteller hinzuweisen; noch schwerer ist es jedoch, alljährlich die Messe mit neuen und interessanten Entwicklungen zu beschicken. Wenn in diesem Jahr die industrielle Elektrowärme durch Ausstellungsobjekte schwach vertreten war, so möge das nicht als Uninteressiertheit, sattsame Zufriedenheit oder gar Vernachlässigung des Kunden gewertet werden. Denjenigen Firmen, die jedoch trotz der großen Beanspruchung durch den Markt durch aktive Beteiligung an der Messe die industrielle Elektrowärme repräsentiert haben, gebührt der Dank der Elektroofenhersteller.

Die Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (ACEC), Marcinelle-Charleroi (Belgien), wiesen durch drei Mittelfrequenz-(MF)-Umformer auf ihr umfangreiches Mittelfrequenzprogramm hin. Ausgestellt waren senkrechte wassergekühlte MF-Umformer mit 220 kW, 4 kHz, ferner 60 kW, 2 kHz, und 45 kW, 8 kHz.

Ein verhältnismäßig umfangreiches Programm zeigte die Elektro-Maschinen KG Schultze & Co. (EMA), Hirschhorn

(Neckar). Während das Spezialgebiet der EMA zunächst die MF-Umformer waren, hat sie sich seither mehr und mehr in der Herstellung kompletter Erwärmungs- und Schmelzanlagen bewährt. Aus dem Typenprogramm der MF-Umformer waren ausgestellt: Typ MFU 102 mit 50 bis 100 kW, 10 kHz, Typ MFU 105 mit 25 kW, 10 kHz, Typ MFU 103 mit 150 kW, 4 kHz, und der neu entwickelte Typ MFU 107 mit 300 kW, 2,4 kHz. Alle Umformer entsprechen der heute gebräuchlichen Technik: senkrechte Bauart, wassergekühlt, keine Fundamente.

Besonders für kleine Leistungen eignet sich die MF-Universalanlage, auf die schon bei der vorjährigen Messe hingewiesen wurde. Bei dieser Anlage befinden sich der MF-Umformer (16, 25 oder 30 kW, 10 kHz) mit der Schaltanlage und der Kondensatorbatterie in einem kleinen Schrank mit 1040 mm × 1040 mm Grundfläche und 1870 bis 2020 mm Höhe. Aus dem Schrank ragt der MF-Ausgang zum unmittelbaren Anschluß der Spule mit einer maximalen Blindleistung von 150 bis 1050 kvar heraus.

Als interessante Neuerung wurde die in Bild 1 gezeigte Universal-Härtemaschine vorgeführt. Diese Härtemaschine vereinigt die Einrichtungen für Vorschub- und Drehtellermechanik zu einer Einheit. Beide an und für sich bekannten Vorrichtungen sind um 90° versetzt nebeneinander gebaut. Vorn befindet sich der Drehtellerautomat, rechts daneben die senkrechte Härtevorschubautomatik. In der Mitte der Einheit ist der Anpaßtransformator angeordnet, der um 90° geschwenkt werden kann. Somit können beide Vorrichtungen in den Bereich der Arbeitsspulen

*) Dr.-Ing. K. H. Brokmeier (Bearbeiter des Abschnitts über industrielle Elektrowärmetechnik) ist Oberingenieur der Brown, Boveri & Cie. AG in Dortmund, Dr.-Ing. P. H. Woll (Bearbeiter des Abschnitts über Elektrowärmegeräte für den Haushalt) ist Oberingenieur der Continental Elektroindustrie AG Voigt & Haefner in Frankfurt a. M.

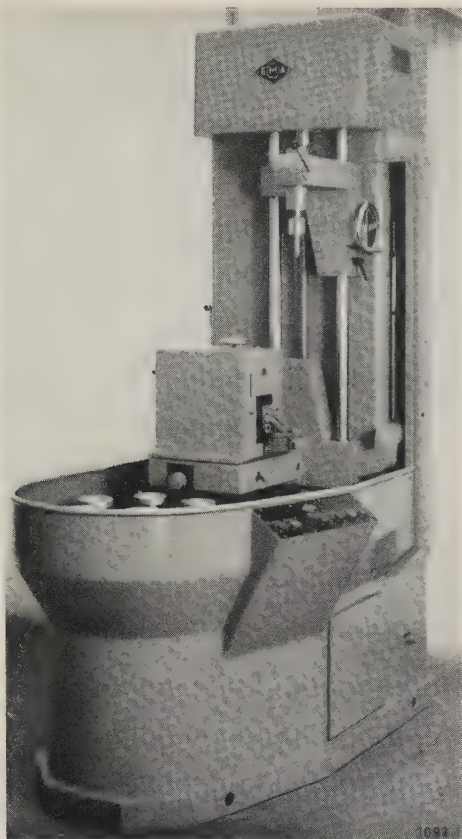


Bild 1. Universal-Härtemaschine.

kommen. Statt des MF-Anpaßtransformators kann ein Hochfrequenz-(HF)-Anpaßüberträger vorgesehen werden. Die Ausweitung des EMA-Lieferprogrammes auf den Hochfrequenzsektor wurde durch einen Ventilhärteautomaten repräsentiert (Bild 2). Dieser Automat dient zum Härten von Ventilstößeln. Der ausgestellte Typ HG 15 hat eine HF-Leistung von 15 kW und arbeitet mit einer Frequenz von 450 kHz. Das Typenprogramm, zu dem auch der Typ HG 15 gehört, umfaßt den Leistungsbereich von 6 bis 150 kW.

Die Himmelwerk AG, Tübingen, zeigte mit einer HF-Anlage zur Vorbereitung von Verdrahtungslitzen eine Ergänzung zu den bereits seit längerem eingesetzten Meß-, Schneide- und Abisoliermaschinen. Die in Bild 3 gezeigte Hochfrequenzanlage wurde zum Verzinnen von Litzen entwickelt [vgl. K. Roth: Hochfrequenz-Behandlung von Litzenleitungen. Elektrowärme Bd. 19 (1961) H. 4, S. 168–169]. Die Anlage dient dazu, Einzeldrähte einer isolierten Litze, die mit einem verstärkten Zinnauftrag versehen sind, vor dem Ablängen und Abisolieren so miteinander zu verlöten, daß ein nachträgliches Verdrillen und Verzinnen beim Einbau in Geräte überflüssig wird. Die isolierte Litze läuft von einer Trommel durch eine Hochfrequenzspule, wobei im Takt der Ablängmaschine die Hochfrequenzleistung bei stillstehender Litze eingeschaltet wird. Dabei erwärmen sich die Drähte, so daß der Zinnauftrag verläuft. Die Isolierung wird durch dieses Verlöten nicht beeinträchtigt.



Bild 2. Ventilhärteautomat zum Härten von Ventilstößeln.

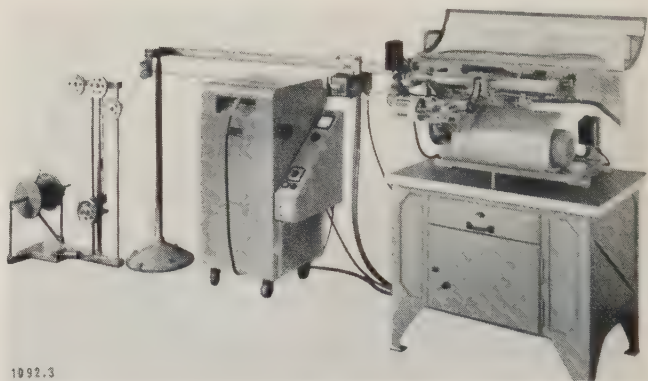


Bild 3. Hochfrequenzanlage zum Verzinnen von Litzenleitungen.

Die Ipsen Industries International GmbH, Kleve, zeigte durch eine ausgestellte vollautomatische Wärmebehandlungsanlage die Weiterentwicklung des Ofenbaues zu kompletten Wärmebehandlungsmaschinen.

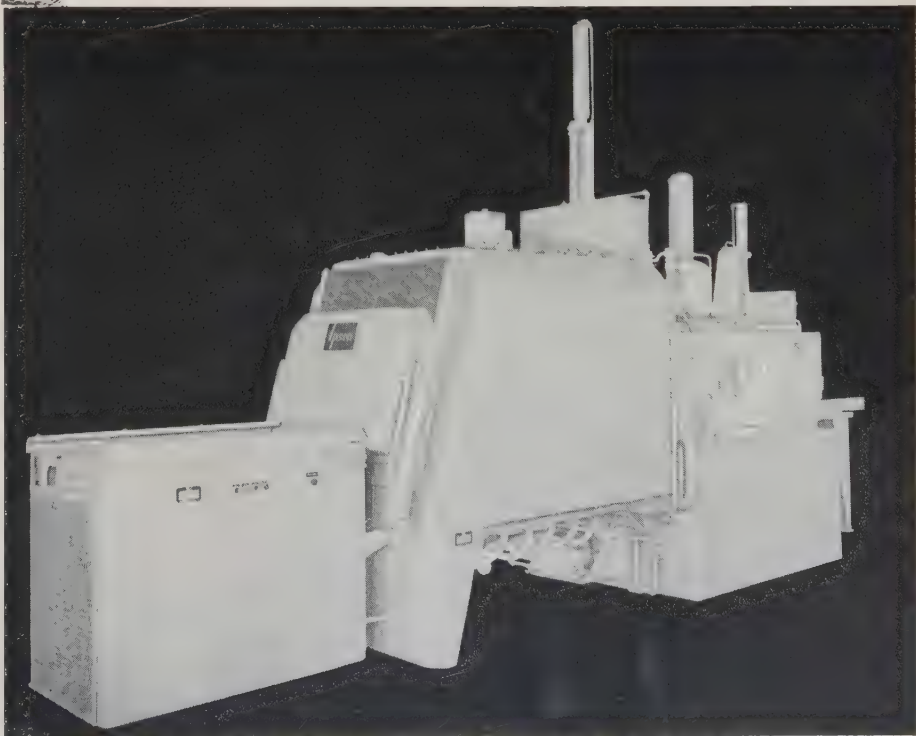


Bild 4. Vollautomatische Wärmebehandlungsanlage zum Aufkohlen bei hohen Temperaturen.

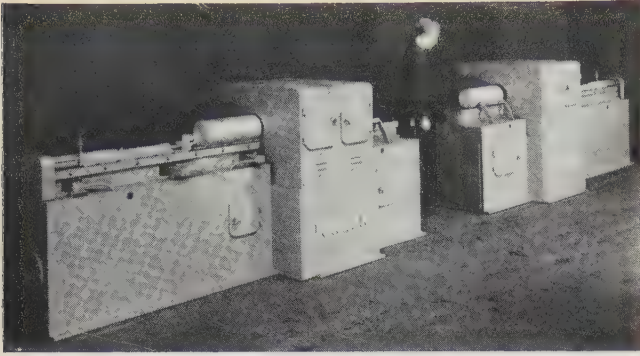


Bild 5. Niederfrequenzofen für Bolzenerwärmung.

Der im Prinzip gezeigte Ofen (Bild 4) kann wahlweise mit Gas oder elektrisch beheizt werden. Die Anlage eignet sich zum Aufkohlen, Rückkohlen, Karbonitrieren usw. bis zu Temperaturen von 1100 °C.

Die Otto Junker GmbH, Lammersdorf über Aachen, zeigt einen Niederfrequenz-(NF) - Preßbolzen-Erwärmungs-Ofen (Bild 5). Dieser dient zur induktiven Erwärmung von Aluminiumblöcken mit 175 mm Durchmesser und 438 mm Länge. Diese Bolzen werden in einer hydraulischen Kabelmantelpresse zur Herstellung von Aluminiummantelkabeln benötigt. Die Konstruktion ist diesem Zweck angepaßt. Sie berücksichtigt in vereinfachendem Sinne, daß nur Blöcke gleicher Abmessungen vorkommen, — in verschärfender Hinsicht, daß keine Beschädigungen der Oberfläche auftreten dürfen. Deshalb liegt der zu erwärmende Block während der Beschickung, der Erwärmung und der Entnahme auf einer Transportmulde mit pneumatischer Haltevorrichtung. Alle Bewegungen werden elektromotorisch ausgeführt. Der Anforderung des Preßvorganges entsprechend wird der Block kurz vor der Entnahme durch eine Zusatzheizung in gewünschtem Sinne in der Weise axial ungleichmäßig erwärmt, daß das zuerst in den Rezipienten kommende Teil am wärmsten ist. Die Blocktemperatur wird durch zwei pneumatisch betätigte Zweispitzen-Thermoelemente (NiCr-Ni) gemessen und überwacht.

Einen verschiedene Neuerungen aufweisenden Bleischmelzofen zeigte die Russ-Elektroofen KG, Köln-Bayenthal. Dieser elektrisch beheizte Ofen ist in Doppelkammerausführung mit Widerstands-Außenbeheizung ausgeführt. Bei einem Fassungsvermögen von 4000 kg und 120 kW Anschlußwert werden stündlich 4000 kg Blei geschmolzen. Die Beheizung findet durch Stabheizkörper mit direktem Netzanschluß statt. Der Ofenraum ist in Schmelz- und Abfüllkammer getrennt. Die Temperaturen der Schmelz- und Abfüllkammer sowie des Abflußventils werden gesteuert und so auf $\pm 5^\circ\text{C}$ konstant gehalten. Das Bleiabflußventil wird von Hand bedient oder durch Fernsteuerung betätigt. Um Seigerungen zu vermeiden, kann in die Abfüllkammer ein Rührwerk eingebaut werden. Die Bleidämpfe werden abgesaugt. Die Badoberfläche in der Abfüllkammer wird mittels Schutzgas oxydationsfrei gehalten.

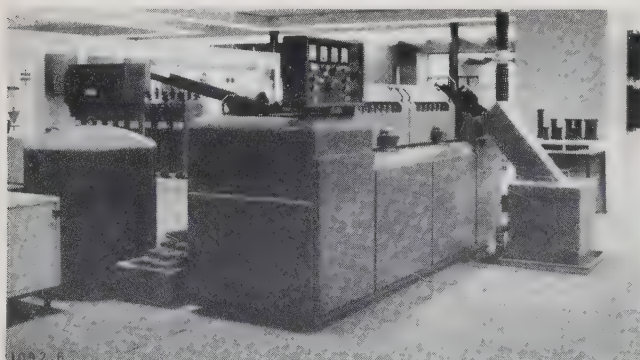


Bild 6. Durchlauferhitzer zum Erwärmen von Schmiedestücken.

Auf dem Ausstellungsstand der Siemens-Schuckertwerke AG war das Gebiet der Elektrowärme durch eine im Betrieb vorgeführte MF-Schmiedeerwärmungsanlage und eine Hartlöt-Arbeitseinheit vertreten. Der Durchlauferhitzer von Siemens zum Erwärmen von Schmiedestücken zeigte einige interessante Neuheiten (Bild 6):

1. Der Ofen arbeitet mit einem neuartigen Kettenfördersystem (DBP angem.).
2. Der Ofen ist aus einzelnen Baueinheiten aufgebaut, so daß verschiedene Kombinationen möglich sind: a) Antriebsstation auf der Einlaufseite, b) Erwärmungsteil, c) Spannstation auf der Auslaufseite.

Das Kettensystem besteht aus zwei umlaufenden Transportketten, die den Anforderungen der Leistungsaufnahme im Induktionsfeld und dem Wärmeentzug vom Werkstück entsprechend aufgebaut sind. Damit ist die Förderung durch Stoßen, Hubbalken und Förderschienensystem um eine zusätzliche Transportmöglichkeit erweitert, die je nach Bedarf kontinuierlich oder diskontinuierlich arbeiten kann. Die Einteilung des Erwärmungsteiles in Baukästen (einschließlich Kondensatoren) erlaubt eine günstige Fertigung, einen

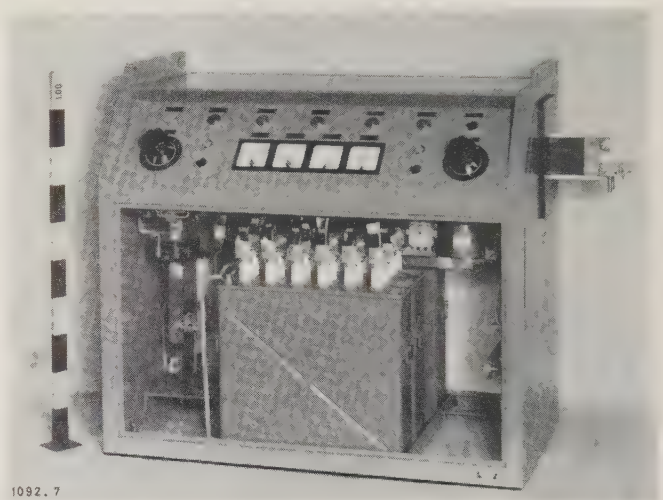


Bild 7. Mittelfrequenzanlage für Lötung und Härtung.

zweckmäßigen Ersatzteildienst und eine schnelle sowie einfache Anpassung an die jeweiligen Betriebsforderungen. Jede Baueinheit hat eine Spulenlänge von 800 mm als Grundmaß.

Bei der ausgestellten Anlage waren zwei Spuleneinheiten von 800 mm Länge miteinander verbunden. Sie ist für 200 kW MF-Leistung vorgesehen und arbeitete auf der Messe mit 60 kW bei 4000 Hz mit Stahlblöckchen von 45 mm Dmr. und 150 mm Länge. Eine MF-Arbeitseinheit, die mit Kondensatoren, Schaltanlage, Meßinstrumenten und Spulenanschlußschienen ausgerüstet ist (Bild 7), kann für Löt- und Härterwärmungsaufgaben sowie für örtliche Erwärmungen verwendet werden.

Elektrowärmegeräte für den Haushalt

Seit dem wirtschaftlichen Aufschwung im vergangenen Jahrzehnt sind die Haushalte wieder zur Abnehmergruppe der Elektrizitätswirtschaft mit dem höchsten Stromverbrauch aufgerückt. Die damit im engen Zusammenhang stehende fortschreitende Elektrifizierung wirkt sich mittelbar auch auf die Entwicklung der in dieser Verbrauchersparte benötigten Geräte aus. Eine zunehmend sich verbreiternde Käuferschicht wurde wirtschaftlich in die Lage versetzt, in ihrem Gebrauchswert wesentlich verbesserte oder völlig neue Gerätearten zu erwerben, für welche die technischen Voraus-

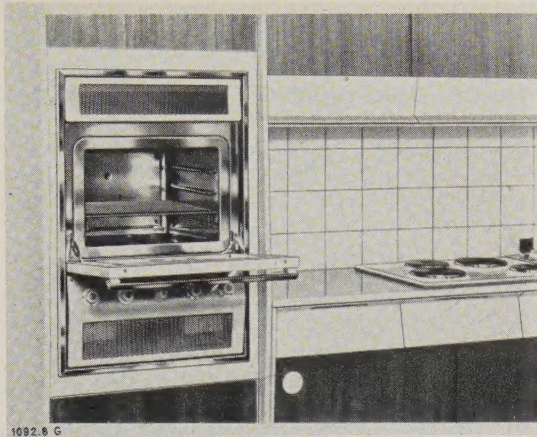


Bild 8. Vollautomatischer Einbau-Backofen mit zusätzlicher Hochfrequenzheizung, Leistungsaufnahme 5,6 kW.

setzungen schon lange Zeit vorher gegeben waren. Es sei hierbei nur auf die für die Weiterentwicklung entscheidenden Bauelemente, wie Rohrheizkörper, Kunststoffe sowie Regel- und Steuerungsgeräte hingewiesen.

Ganz abgesehen davon, daß der Zeitraum eines Jahres von Messe zu Messe umwälzende Neukonstruktionen nicht erwarten läßt, hat der Aufstieg der vergangenen Jahre zu einem Stand der Haushaltstechnik geführt, der heute in seinen Grundzügen — man denke an die Einbauküche und Automatisierung — im wesentlichen festliegt. So erklärt es sich, daß sich mehr und mehr die Richtung bemerkbar macht, den durch vervollkommnete Technik erreichten hohen Gebrauchswert eines Gerätes in den Augen des Käufers durch eine nach ästhetischen Gesichtspunkten gestaltete äußere Zweckform noch weiter zu steigern.

Im Sinne dieser Tendenz ist der vor wenigen Jahren noch als Luxusherd bezeichnete Schrank-, Stil- oder Sockelherd heute in seiner ausgewogenen Form zum Standardherd geworden, bei dem die Schnellkochplatte und der 40 cm breite Backofen mit Innenbeleuchtung, Vorwahlt-

ter, Signallampe und stufenloser Temperatureinstellung, wahlweise auch der Grillheizkörper und die Zeitschaltuhr zu festen Bestandteilen wurden. Der um 10 cm schmalere Raumparherd und der Kleinkerh für Kochnischen und Kleinwohnungen tritt hinter dem Standardherd immer mehr zurück.

Zum Typ des Luxusherd rechnet jetzt der Pultherd, an dessen rückwärtigem Tableau die Drucktastatur und Zeitschaltuhr für die Automatik von Backofen und Kochplatten angeordnet ist (F. Küppersbusch & Söhne AG, Gelsenkirchen, und Burger Eisenwerke AG, Burg/Dillkreis). Neuerdings wird dieser Herdtyp mit elektronischem Backofen angeboten (Neff-Werke KG, Bretten/Baden). Auch der in Sichthöhe getrennt vom Kochplattenteil angeordnete Einbau-Backofen, der mit dem Vordringen der Einbauküche an Bedeutung gewinnt, wird mit elektronischem Heizteil ausgerüstet [Maybaum, Sundern (Sauerland), und Neff-Werke KG, Bretten/Baden]. Der 42 cm breite, aus Chromnickelstahl bestehende Backraum mit 900 W Oberhitze und 1200 W Unterhitze, einem 2500-W-Grillheizkörper mit dem zugehörigen OUG-Vorwahlschalter und einem stufenlos einstellbaren Thermostaten ist zusätzlich mit zwei Hochfrequenzstufen von 600 und 1200 W ausgerüstet (Bild 8). Die beiden Beheizungsarten können getrennt oder zusammen über Zeitschalter benutzt werden. Das Gerät kann außer als normaler Backofen noch zum Garen von frischen Lebensmitteln in Minutenschnelle zum Auftauen tiefgefrorener Fertiggerichte verwendet werden. Der Grill übernimmt die Bräunung der mit Hochfrequenz gegarten Speisen. Der normale Backvorgang läßt sich durch Zuschalten der Mikrowellen (2400 MHz,



Bild 10. Standardherd mit Rohrkokchplatten leichtester Bauart, Leistungsaufnahme 8,0 kW.

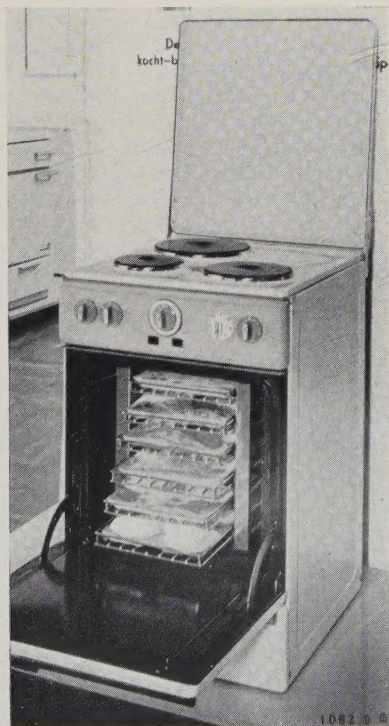


Bild 9. Elektrischer Auftauherd für Tiefkühlkost, Leistungsaufnahme 12,7 kW.

12,5 cm Wellenlänge) wesentlich verkürzen. Durch die kostenaufwendige Hochfrequenzeinrichtung wird diese Geräteart vorerst der Luxusausführung vorbehalten bleiben.

Eine billigere Möglichkeit bietet ein anderes Gerät für die Tiefkühlkette, die nun auch für Haushaltungen komplette Mahlzeiten einfrostet und lagert. Alleinstehende oder berufstätige Personen und größere Haushalte ohne Hausgehilfen haben die Möglichkeit, Zeit- und Arbeitsaufwand beim Kochen zu vermindern. Der zu diesem Zweck entwickelte elektrische Auftauherd mit normaler Kochplattenbestückung ist mit einem etwa 50 cm hohen Backofenraum ausgestattet, in dem bis zu 12 eingefrorene Mahlzeiten in 15 bis 18 min servierbereit mit Heißluft aufgetaut werden (Burger Eisenwerke). In dem gleichen geschlossenen Raum kann in wesentlich kürzerer Zeit mit Heißluftumwälzung gekocht, gebraten, gebacken und gegrillt werden. Der Temperaturregler ist stufenlos bis 250 °C einstellbar und mit einer Zeitschaltuhr kombiniert. Die Heizung besteht aus vier seitlich angeordneten Heizkörpern mit insgesamt 8 kW Aufnahme, durch welche die mit einem Motorgebläse mit 200 W angesaugte Luft erwärmt wird (Bild 9).

Bei verschiedenen Herdherstellern wurden Standardherde gezeigt, die ausschließlich mit Einkreis-Rohrkochplatten leichtester Bauart in den drei bekannten Größen 1000, 1500 und 2000 W Aufnahme bestückt waren (Continental-Elektroindustrie AG, Voigt & Haeffner, Werk Soden, Bad Soden-Salmünster). Die Rohrroste mit einem kleinen dreieckigen Rohrprofil, entsprechend einem runden Querschnitt mit 7,5 mm Außendurchmesser, waren entweder in einer aufklappbaren Herdplatte mit darunter liegender gleichgroßer Auffangmulde fest angeordnet (W. Haas & Sohn, Neuhofnungshütte bei Sinn/Dillkreis) oder als austauschbare Platte mit Fangschale an Stelle der Gußringplatte mit Überfallrand in die Herdmulde eingesetzt (Burger Eisenwerke, Bild 10). Als Festeinbauplatte entspricht sie in ihren Maßen DIN 44 910.4 und läßt sich mit dem zugehörigen stufenlosen Leistungssteller nachträglich in jeden Standardherd einbauen. Zur Reinigung der Fangschale wird der Rohrrost seitlich ausgeschwenkt. Durch das außerordentlich geringe Eigengewicht der Rohrroste wirken diese Kochplatten trotz der im Vergleich zu den gußeisernen Blitzkochplatten um

zunehmende Verwendung elektrischer Heißwasserbereiter zurückzuführen. Das trifft u. a. auf die kleinsten Entleerungsboiler, die 5-l-Kochendwasserbereiter mit 2 kW Aufnahme zu, deren praktische Bewährung seit ihrer Einführung ein sich stetig erweiternder Herstellerkreis beweist (Burger Eisenwerke und A. Eckerfeld, Langenberg/Rhld.). Die Normung der Standardtypen bestimmter Gerätegruppen, wie drucklose Speicher und Boiler, zeigt einen gewissen Abschluß einer nunmehr 30-jährigen Entwicklung.

Eine neue Variante des drucklosen Kleinspeichers zeigte die Dr. Stiebel-Werke GmbH, Holzminden a. d. Weser, mit dem 2-kW-Küchenspeicher mit Brühstufe, der als Untertischgerät mit 8 l Inhalt, mit zwei Heizkörpern von je 2 kW und zwei Temperaturreglern ausgerüstet ist. Mit einem Wippschalter wird von Hand der untere Heizkörper für 8 l Heißwasser von 65 °C oder der obere Heizkörper für 3 l Brühwasser eingeschaltet. Der Durchlauferhitzer für eine oder mehrere Zapfstellen steht noch mitten in der Weiterentwicklung, die durch die praktisch wärmespeicherlosen Geräte mit unmittelbar im Flüssigkeitspfad liegenden Heizleitern mit Aufnahme von 2,5 bis 24 kW starke Impulse erhielt (A. Eckerfeld). Durch höhere spezifische Belastung der berührungssicheren Heizelemente strebt man eine kleinere gedrängte Bauform und schnellere Betriebsbereitschaft bei den bisherigen Bauarten mit 12 bis 21 kW an. Außer den bekannten Regel- und Sicherungsorganen wurde jetzt noch eine automatische optische und akustische Kesselsteinmeldevorrichtung entwickelt, die den Benutzer auf die Notwendigkeit der chemischen Entkalkung des überhitzungsgefährdeten Rohrheizkörpers aufmerksam macht (Forbach GmbH & Co. KG, Bad Neustadt/Saale).

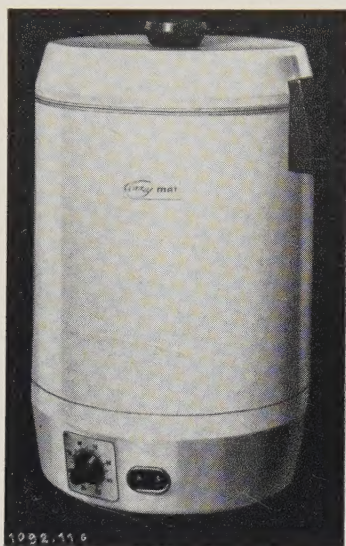


Bild 11. Wärmeisoliertes Kochgefäß mit einstellbarem Temperaturregler und Zeitschaltuhr, Leistungsaufnahme 0,5 kW.

25 % geringeren Leistungsaufnahme als Schnellkochplatten, für die alle Geschirrarten ohne Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit verwendet werden können.

Das große Angebot von Tischgrillgeräten läßt darauf schließen, daß dieses an sich aufwendige Sondergerät im Laufe mehrerer Jahre durch die wachsenden Lebensansprüche eine breite Käuferschicht gefunden hat. Die Geräte haben in Form, Größe, Ausstattung und Leistung einen hohen technischen Stand erreicht.

Als Sondergerät ist ein im Prinzip bereits bekanntes, jedoch in seinem Aufbau neuartiges Kochgerät mit stufenlos einstellbarer Temperaturregelung, Zeitschaltuhr und Gerätesteckvorrichtung anzusprechen (August Lepper GmbH, Bad Honnef a. Rh.). In einem hochwärmeisolierten zylindrischen Behälter verschiedener Größen mit 2 bis 8 l Nutzraum und Bodenheizung (400 bis 600 W) können Speisen in übereinander stehenden Einsätzen vollautomatisch gekocht oder warmgehalten werden (Bild 11). Die geschlossene Bauart ergibt einen besonders sparsamen Energieverbrauch von rd. 10 % desjenigen beim Kochen auf offener Platte; das Gerät wird übrigens auch zum Anschluß an Autobatterien mit Aufnahmen von 50 bis 100 W hergestellt.

Der starke Anstieg des Stromverbrauches im Haushalt ist außer auf den Kochstrom im wesentlichen auch auf die

Wie beim Elektroherd hat sich auch bei der Waschmaschine mit von Jahr zu Jahr steigenden Umsätzen die technisch beste Lösung, nämlich die voll- oder halbautomatische Trommelmaschine als feststehender Typ für 3 bis 6 kg Trockenwäsche und 2 bis 6 kW Aufnahme (ohne Bodenbefestigung) endgültig durchgesetzt. Zu der bekannten technisch aufwendigen Ausrüstung sind weitere Verbesserungen wie Chromnickel-Ausführung von Trommel- und Laugenbehälter, Stromumschaltbarkeit, Erhöhung der Schleuderdrehzahl der Trommel um 40 %, automatischer Motorschutz, elektrische Türverriegelung und eine feinere Differenzierung der Programmschaltautomatik mit Temperaturwähler bis zu zehn Waschprogrammen, mit Schonwaschgängen für Wolle und Chemiefaser hinzugekommen (P. Pfenningsberg GmbH, Lintorf bei Düsseldorf). Bemerkenswert ist noch ein Vollautomat, dessen Trommelachse bei Beschickung von oben nicht wie üblich senkrecht, sondern parallel zur Vorderfront liegt, so daß die 4-kg-Maschine unter Ausnutzung der genormten Einbautiefe von 65 cm nur eine Platzbreite von 46 cm benötigt (Homann-Werke, Wuppertal-Vohwinkel).

Die ähnlich wie der Waschautomat aufgebaute, selbsttätig arbeitende Geschirrspülmaschine wurde entsprechend dem auf dem Markt steigenden Interesse in vielfältigen Konstruktionen gezeigt. Unterschiedlich ist die Art

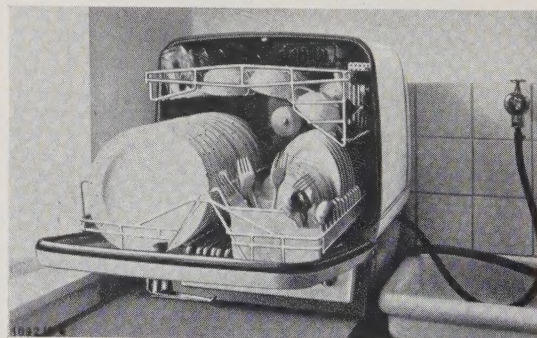


Bild 12. Vollautomatischer Geschirrspüler, Leistungsaufnahme 2,5 kW.

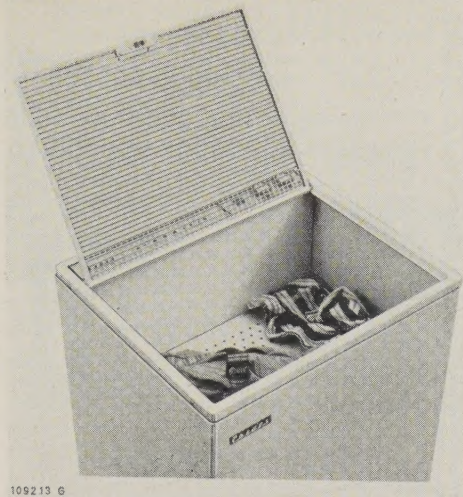


Bild 13. Automatischer Wäschetrockner, Leistungsaufnahme 3 kW.

der Heißwasserbereitung im gesonderten Speicher oder Boiler oder unmittelbar in der Maschine, ferner die Spülsysteme — Wurfrad, Düsenkopf, Schleuderröhre, Pumpstrahlwerk — und schließlich das durch Druckknopf ausgelöste, automatisch ablaufende Programm, das hinsichtlich Zahl, Wassermenge, Wassertemperatur und Zeitdauer variiert. Neben den mit den Außenmaßen des Standardherdes und mit oberer Beschickung ausgeführten Bauformen werden auch kleine Maschinen angeboten (Rowenta GmbH, Offenbach a. M.), die neben dem Spülbecken auf den Tisch gestellt und mit Schlauch an den Wasserhahn und an die Steckdose angeschlossen werden (Bild 12). Bei einer Leistungsaufnahme von 2,5 kW und einem Wasserverbrauch von 14 l wird ein auf Einschubgestellen untergebrachter Geschirrsatz für 3 bis 6 Personen in drei Wasch- und Spülgängen mit jeweiligem Wasserwechsel und abschließendem Trockengang in 40 min tischfertig vollautomatisch gereinigt. Das Wasser wird im Gerät mit Rohrheizkörpern auf 60 °C erwärmt, durch ein rotierendes Strahlrohr versprüht und durch zwei Filter von den abgespülten Speiseresten ständig gereinigt.

Der in seiner äußeren Form und im inneren Aufbau dem Waschautomat gleichende Trockenautomat soll die Lücke zwischen Wasch- und Bügelmaschine schließen. Neben den bisher bekannt gewordenen Trommelgeräten (Rondo-Werke Berning & Co., Schwelm/Westf., und Pfenningberg GmbH) werden jetzt anders wirkende Systeme gezeigt, bei denen der Flusenabrieb vermieden werden soll. Ein solcher trommelloser Wäschetrockner in der auf Einbausküchen abgestimmten Form (W. Cordes KG, Lette/Westf.) enthält im unteren Teil ein Gebläse mit 15 m³/min Förderleistung und 3-kW-Heizung (Bild 13). Der erzeugte Warmluftstrom mit einer Temperatur von 40 °C wirkt durch einen Siebboden auf die in der darüber befindlichen Trockenzelle

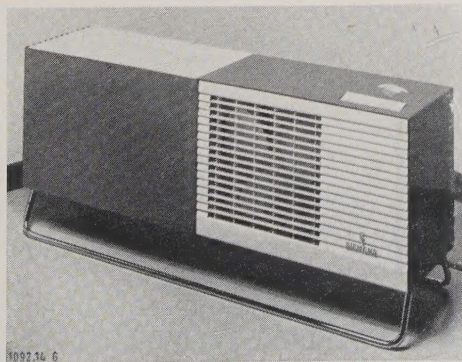


Bild 14. Kombiniertes Heizlüfter mit Heizkamin, Leistungsaufnahme 2000/3000 W.

eingelegte Feuchtwäsche. 6 kg Trockenwäsche werden in 60 bis 70 min bügelfertig getrocknet. Die selbsttätige Abschaltung findet mit einer bis zu 120 min voreinstellbaren Zeitschaltuhr statt. Eine andere Lösung versucht die Gebr. Scharpf KG, Stuttgart, mit einer wandbefestigten aufklappbaren Trockenhaube mit eingebautem Motorlüfter und 2-kW-Heizung. Durch einen rundherum ziehbaren Plastikvorhang entsteht ein 1 m hoher Trockenraum, in dem 5 kg Trockenwäsche, auf Leisten oder Bügeln aufgehängt, mit Luft von 60 °C innerhalb einer Zeitdauer von 60 min (automatischer Zeitschalter) getrocknet werden kann. Als Mehrzweckgerät eignet es sich auch als Raumventilator, Heizlüfter und Heißluftdusche.

Die tragbaren Tischbügelmaschinen mit feststehender, mit 1,0 bis 1,3 kW beheizter Bügelmulde, deren Temperatur einstellbar ist, mit rotierender Freilaufwalze und Handhebel oder Fußkontaktschalter gewinnen als letztes Glied in der Kette der Wäschereinigung allmählich an Bedeutung.

Die große Schau der Raumheizgeräte und Kleingeräte bot wie immer das gewohnte Bild seit Jahren unveränderter Typen, wenn sich auch vereinzelt Tendenzen bemerkbar machen, Gerätekombinationen zu finden und die äußere Form ansprechender zu gestalten.

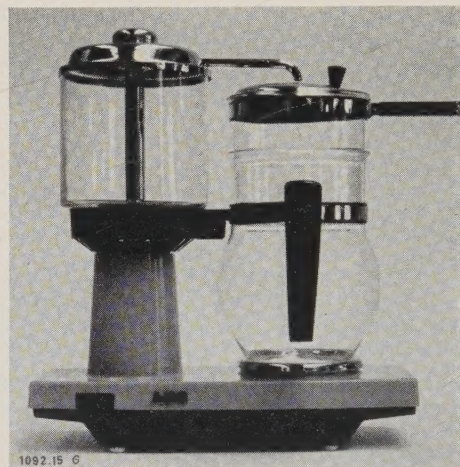


Bild 15. Vollautomatische Filter-Kaffeemaschine, Leistungsaufnahme 0,8 kW.

Ein treffendes Beispiel ist ein 2-kW-Heizlüfter mit 1-kW-Heizkamin (Siemens Elektrogeräte AG, München), der verriegelt oder unverriegelt, mit Fünfstufenschalter, einstellbarem Raumtemperaturregler und Überhitzungsschutz ausgestattet ist (Bild 14). Wandstrahler werden neuerdings für größere Räume mit zwei Rohrheizkörpern mit 2 kW Anschlußwert und Dreistufenschaltung mit Zugschalter ausgeführt (AEG, Nürnberg).

Unter den Kleingeräten fiel ein 1-kW-Expresbügler mit nach vorne offenem Griff (wie die Schneiderbügeleisen) auf, dessen Gesamtgewicht durch eine hochglanzverchromte dünne Stahlsohle mit aufgelötetem Rohrelement bis auf rd. 900 g vermindert werden konnte (Prometheus GmbH, Eschwege a. d. Werra). Der 1-kg-Dampf-Trockenbügler (Deutsche Philips GmbH, Hamburg, und Rowenta GmbH) hat bis jetzt noch keinen merklichen Marktanteil gewonnen. Erwähnenswert ist eine in der Wirkungsweise praktische und in der Form ansprechende vollautomatische Filter-Kaffeemaschine (AEG, Nürnberg). Eine Wassermenge für sechs Tassen Kaffee wird drucklos durch einen kleinen Durchlauferhitzer mit 760 W Aufnahme auf 96 °C erhitzt und der im Filtergefäß gesammelte Kaffee durch eine thermostatisch geregelte Warmhalteplatte mit 40 W Aufnahme auf einer gleichbleibenden Temperatur von 70 °C gehalten (Bild 15).

VERBANDSNACHRICHTEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21
Fernruf: 60 341; Fernschreiber (Telex): 04-12 871;
Telegramm-Kurzanschrift: Elektrobund;
Postcheckkonto: Frankfurt a. M. 388 68.

Inkraftsetzung der Änderung VDE 0872 Teil 1 a/7. 61 der „Regeln für die zulässigen Grenzwerte der von Empfängern ausgehenden Funkstörungen“

Der gegen den in ETZ-A Bd. 80 (1959) S. 865 angekündigten Entwurf der Änderung a von VDE 0872 Teil 1 eingegangene Einspruch wurde von der VDE-Kommission „Funk-Entstörung von Ton- und Fernseh-Rundfunk-Empfangsanlagen“ inzwischen berücksichtigt.

Die so entstandene Schlußfassung hat der Vorstand des VDE im Mai 1961 genehmigt und zum 1. Juli 1961 in Kraft gesetzt.

Einzeldrucke der Änderung können unter der Bezeichnung VDE 0872 Teil 1 a/7. 61 vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von —,20 DM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär
Lauster

Entwurf 2 zu VDE 0107/... 61 „Bestimmungen für die Errichtung, Ausrüstung und Instandhaltung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel in medizinisch genutzten Räumen“

Zu dem Entwurf VDE 0107/... 58, bekanntgegeben in ETZ-A Bd. 79 (1958) S. 547, sind Einsprüche eingegangen, die eine weitgehende Umgestaltung und Änderung erforderlich machten. Aus diesem Grunde hat die VDE-Kommission 0750 unter Vorsitz von Dipl.-Ing. H. Graf beschlossen, einen 2. Entwurf herauszugeben).

Der Entwurf kann unter der Bezeichnung VDE 0107/... 61, Entwurf 2, vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, zum Preise von 1,20 DM bezogen werden.

Einsprüche gegen den Entwurf können bis zum 31. August 1961 der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Stresemannallee 21, eingereicht werden (doppelte Ausfertigung erbeten).

Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle
Graf Weise

*) Es ist beabsichtigt, diesen Entwurf noch in diesem Jahr in Kraft zu setzen.

Einspruchsfristen zu Entwürfen von VDE-Bestimmungen

VDE 0664 Leitsätze für Fehlerstrom-Schutzhalter bis 500 V Wechselspannung und bis 63 A

Angekündigt in ETZ-A Bd. 82 (1961) H. 8, S. 261
Einspruchsfrist bis 15. Juli 1961

Mitteilungen der VDE-Bezirksvereine

VDE-Bezirk Schleswig-Holstein

Daß es sehr nützlich sein kann, die fachliche Vereinsarbeit durch persönlichen Kontakt zu vertiefen, bewies ein Ausflug, den der VDE-Bezirksverein Schleswig-Holstein am Himmelfahrtstag durchgeführt hat. Auf einer Fahrt zu Lande und zu Wasser, die als Ziel die Eidermündung hatte, konnten sich über 80 VDE-Mitglieder an der reizvollen Landschaft und so manchen kulturhistorischen Baudenkmälern erfreuen. Neben fröhlicher Geselligkeit kamen aber auch gute fachliche Gespräche, z. B. über das VDE-Vorschriftenwesen, zustande. Am 1. Juli ist ein Sommerausflug

Abschluß des Heftes: 5. Juni 1961

Schriftleitung: Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21; Fernruf 60 341, Fernschreiber (Telex) 04-12 871.

Hauptschriftleiter: Dr.-Ing. P. Jacotet (für den redaktionellen Teil verantwortlich).

Schriftleiter: Dipl.-Ing. F. Meske und Dipl.-Ing. K. Rangs.

Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Frankfurt a. M. S 10, Stresemannallee 21.

VERANSTALTUNGSKALENDER

Braunschweig: ETV Braunschweig, Technische Hochschule, Pockelstr. 4.
29. 6. 1961, 20.00, Technische Hochschule, Hörsaal M 1: „Die Anwendung von neuzeitlichen Halbleiter-Bauelementen in der modernen Regelungstechnik“, Direktor Dr.-Ing. J. Wetzger, Berlin.

Wuppertal: Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld, Hubertusallee 18.
26. 6.—27. 6. 1961, 9.00—17.00, Technische Akademie: „Elektrische Anlagen für explosionsgefährdete Betriebsstätten“, Obering. Dipl.-Ing. W. Groezinger, Essen.
10. 7.—12. 7. 1961, 9.00—17.00, Technische Akademie: „Neuzeitlicher Gefahrschutz in elektrischen Anlagen“, Landesoberbaurat Dipl.-Ing. P. Schnell, Münster, Dr.-Ing. A. Hösl, München.

BUCHHEINGÄNGE

Schwankungserscheinungen in Elektronenröhren. Technische Elektrodynamik Bd. II/3. Von F. Ollendorff. Mit 484 S., 144 B., Format 17 cm × 25 cm. Springer-Verlag, Wien 1961. Preis Ganzln. 96,— DM.

Einführung in die Akustik. Von F. Trendelenburg. 3. umgearb. Aufl. Mit 563 S., 412 B., 41 Taf., Format 16 cm × 24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961. Preis Ganzln. 59,60 DM.

Operatorenrechnung. Mit Anwendungen auf technische Probleme. Von J. P. Schouten. Mit 232 S., 128 B., Format 16 cm × 24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961. Preis Ganzln. 31,50 DM.

Regelungstechnik. Kurze Einführung am Beispiel der Drehzahlregelung von Wasserturbinen. Von G. Hutarew. 2. neubearb. Aufl. Mit 192 S., 196 B., Format 16 cm × 23,7 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961. Preis Ganzln. 21,— DM.

Kernphysik I. Von P. Marmier. Mit 331 S., zahlr. B. und Taf., Format 20,5 cm × 29,5 cm. Verlag des Vereins der Mathematiker und Physiker an der ETH Zürich 1960. Vertrieb: Akad. Buchgenossenschaft, Postfach Zürich 28, Schweiz. Preis Ganzln. 28,— sfr.

Strahlenkonservierung und Kontamination von Lebensmitteln. Von J. Kuprianoff und K. Lang. Mit 313 S., 35 B., 145 Taf., Format 15 cm × 23 cm. Dr. Dietrich Steinkopff Verlag, Darmstadt 1960. Preis Ganzln. 64,— DM.

Systemtheorie für regellose Vorgänge. Statistische Verfahren für die Nachrichten- und Regelungstechnik. Von H. Schlitt. Mit 356 S., 167 B., 1 Taf., Format 15,5 cm × 23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960. Preis Ganzln. 49,50 DM.

Transformatoren kleiner Leistung. Von E. Breitenbruch. Mit 212 S., 134 B., 106 Taf., Format 21 cm × 30 cm. C. F. Winter'sche Verlagshandlung, Prien (Chiemsee) 1961. Preis Ganzln. 49,80 DM.

The control of multivariable systems. Von M. D. Mesarović. Mit 112 S., 52 B., 5 Taf., Format 15 cm × 23,5 cm. The Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology and John Wiley & Sons, Inc., New York und London 1960. Preis Ganzln. 3,50 \$.

The dielectric circuit. Von P. Kemp. Mit 219 S., 106 B., Format 13,5 cm × 22 cm. Verlag Chapman & Hall Ltd., London 1960. Preis Ganzln. 45,— sh.

High-frequency magnetic materials. Their characteristics and principal applications. Von W. J. Polydoroff. Mit 230 S., zahlr. B. und Taf., Format 15 cm × 23,5 cm. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York und London 1960. Preis Ganzln. 9,— \$.

Linear circuits. Bd. 1: Time-domain analysis. Von R. E. Scott und M. W. Essigmann. Mit 522 S., zahlr. B. und Taf., Format 15 cm × 23,5 cm. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts und London 1960. Preis Ganzln. 6,75 \$.

Linear circuits. Bd. 2: Frequency-domain analysis. Von R. E. Scott und M. W. Essigmann. Mit 936 S., zahlr. B. und Taf., Format 15 cm × 23,5 cm. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts und London 1960. Preis Ganzln. 6,75 \$.

Folgende Aufsätze erschienen in der ETZ-B vom 12. Juni 1961 Heft 12

- H. Gatz: Großverbraucher von elektrischer Energie in der chemischen Industrie.
H. Burmester: Energie- und Produktionsüberwachung in der chemischen Industrie.
G. Breil u. K. Schlosser: Elektrische Widerstandsöfen zum Erzeugen von gelbem Phosphor.
H. A. Horst, H. H. Johann, u. W. Schulze-Buxloh: Schutz von Silizium-Gleichrichtern in Elektrolyseanlagen.
Ph. Sattler u. H. Rentzsch: Drehstrom-Asynchronmotoren in der chemischen Industrie.

Schluß des Textteiles

Verlag und Anzeigenverwaltung: VDE-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33, Fernruf 34 01 41, Fernschreiber (Telex) 01—84 083.

Anzeigenleitung: Kurt Totzauer.

Bezugspreis (halbjährlich zuzügl. Zustellgebühr) 24,— DM,
für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 16,— DM;
Ausgabe A und B zusammen 34,— DM,
für VDE-Mitglieder - nur durch den VDE-Verlag - 24,— DM.
Einzelpreis dieses Heftes 2,— DM.

Druck: Deutsche Zentraldruckerei AG, Berlin SW 61, Dessauer Straße 6/7.